

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

## **RANCANG BANGUN ROBOT PEMBERSIH LANTAI KOLAM RENANG**

Muhammad Hazbi Assiddiqi  
NRP 2213100139

Dosen Pembimbing  
Ronny Mardiyanto, ST. MT. Ph.D.  
Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR - TE 141599**

## **RANCANG BANGUN ROBOT PEMBERSIH LANTAI KOLAM RENANG**

Muhammad Hazbi Assiddiqi  
NRP 2213100139

Dosen Pembimbing  
Ronny Mardiyanto, ST. MT. Ph.D.  
Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT - TE 141599**

***DESIGN AND REALIZATION OF POOL CLEANER  
ROBOT***

Muhammad Hazbi Assiddiqi  
NRP 2213100139

Advisor  
Ronny Mardiyanto, ST. MT. Ph.D.  
Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Rancang Bangun Robot Pembersih Lantai Kolam Renang” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2017

Muhammad Hazbi Assiddiqi  
2213100139





**RANCANG BANGUN ROBOT PEMBERSIH LANTAI  
KOLAM RENANG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Elektronika  
Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**

*Ronny*

**Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 198101182003121003**

**Dosen Pembimbing II**

*Djoko*

**Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.**  
**NIP. 196512111990021002**





# **Rancang Bangun Robot Pembersih Lantai Kolam Renang**

**Nama : Muhammad Hazbi Assiddiqi**  
**Pembimbing I : Ronny Mardiyanto, ST. MT. Ph.D.**  
**Pembimbing II : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.**

## **ABSTRAK**

Robot pembersih lantai kolam renang merupakan robot yang dapat membersihkan atau mengangkat kotoran yang menempel di lantai kolam renang kemudian menyedotnya sehingga kotoran tidak akan kembali lagi kedalam air kolam renang. Membersihkan kolam renang secara tradisional umumnya dilakukan oleh manusia dengan menggunakan sikat. Cara tradisional ini tidak efektif karena manusia harus menjangkau seluruh lantai kolam renang untuk menyikatnya. Sikat yang digunakan adalah sikat yang panjang dan berat. Robot pembersih lantai kolam renang akan menyelam hingga mencapai dasar atau lantai kolam renang dan kemudian akan menyikat kotoran di dasar kolam renang dengan sikat yang berputar 360 derajat dan kemudian hasil kotoran yang telah disikat akan disedot dan kemudian akan disaring sehingga kotoran akan menempel di saringan dan tidak kembali lagi ke air kolam renang. Pada dasarnya robot ini dapat bergerak atau bermanuver disebabkan oleh gaya atau dorongan yang dihasilkan oleh baling – baling. Untuk dapat membersihkan dan menyedot kolam renang secara bersih maka kecepatan sikat dan penyedot diatur sebesar 100 ke atas. Kotoran yang telah dilewati robot dapat dibersihkan hingga memiliki tingkat kebersihan sebesar 80 persen.

**Kata-kata kunci : Kolam renang, PID, ROV**

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*

## ***DESIGN AND REALIZATION OF POOL FLOOR CLEANER ROBOT***

***Name*** : Muhammad Hazbi Assiddiqi  
***Supervisor*** : Ronny Mardiyanto, ST. MT. Ph.D.  
***Co-Supervisor*** : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng

### ***ABSTRACT***

*Pool floor cleaner robot is a robot that can clean or remove the dirt on the floor of the pool then suck it so that the dirt will not come back into the pool water. Traditional swimming pool cleaning is generally done by humans using a brush. This traditional way is not effective because humans have to reach the entire pool floor to brush it. The brush used is a long and heavy brush. The pool floor cleaning robot will dive until it reaches the bottom or floor of the pool and then will brush the dirt at the bottom of the pool with a rotating brush 360 degrees and then the brushed dirt will be sucked and then filtered so that the dirt will stick to the filter and not Back again to the pool water. Basically this robot can move or maneuver caused by the force or drive generated by the propeller. To be able to clean and suck the pool cleanly then brush and suction speeds are set to 100 and above. Dirt that has passed the robot can be cleaned up to have a hygiene level of 80 percent.*

**Keywords** : PID, ROV, Swimming pool

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Esa. Karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik dukungan secara moril maupun materiil. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang mendukung dan membantu dalam tugas akhir ini, diantaranya :

1. Kedua orang tua tercinta, H. Achmad Zainuddin, SE, MM. dan Hj. Endah Ekowati, SE. yang tidak pernah putus untuk seluruh do'a, nasihat, motivasi, dan dukungannya.
2. Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
3. Dr.Ir. Djoko Purwanto, M.Eng, selaku dosen pembimbing kedua, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
4. Irmawati Khoirunnisa yang tidak pernah putus untuk seluruh do'a, nasihat, motivasi, dan dukungannya.
5. Pandu Aulia Dyaksa, Komang Trisuta, Fandi Afrizal dan asisten Lab A206 yang selalu setia membantu dalam mengerjakan tugas akhir.
6. Gaza, Feris, Handy, Septian, Latif, Jatu, Oktora, Bintang, Sandi, Fandi, Dwiki, Wahyu, Reza, Arizal, Irfan yang telah berdoa dan membantu selama pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman asisten Lab B202 yang senantiasa membantu dan memberikan semangat dalam mengerjakan tugas akhir.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna dan masih banyak hal yang dapat diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak sangat membantu penulis untuk pengembangan lebih lanjut.

Surabaya, 27 Juni 2017

Penulis

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
1.7 Relevansi .....	5
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
2.1 Arduino Mega 2560.....	7
2.2 Driver Motor .....	8
2.3 Motor Bilge Pump .....	9
2.4 MS 5803 -14BA .....	10
2.5 Sikat.....	10
2.6 Remote Stik Play Station 2 .....	11
2.7 MPU 6050.....	12
2.8 Baterai Lipo .....	12
2.9 Hukum Archimedes.....	14
2.10 Pulse Width Modulation .....	15
2.11 Proportional-Integral-Derivative (PID).....	15
2.12 Gerak Quadrotor .....	17
2.13 Tinjauan Pustaka.....	19
<b>BAB III.....</b>	<b>27</b>
3.1 Diagram Blok Sistem.....	29
3.2 Perancangan Perangkat Keras .....	30
3.2.1 Desain Robot ( 30 cm x 28 cm x 25 cm ) .....	30
3.2.2 Persamaan Gaya Apung Robot .....	31
3.2.3 Persamaan Berat Robot .....	32
3.2.4 Persamaan Robot saat Kondisi Tenggelam .....	33

3.2.5	Pemodelan Quadrotor .....	33
3.2.6	<i>Driver</i> Motor .....	36
3.2.7	Motor Bilge Pump .....	36
3.2.8	Arduino Mega 2560.....	38
3.2.9	Buck Converter .....	39
3.2.10	Sensor MPU 6050 .....	39
3.2.11	Sensor MS 5803.....	40
3.3	Perancangan Software.....	41
3.3.1	Akuisisi data sensor IMU.....	41
3.3.2	Kalibrasi Sensor IMU.....	42
3.3.3	Akuisisi data sensor MS 5803 – 14 BA .....	43
3.4	Kontrol PID .....	43
3.4.1	Perancangan Kontrol PID .....	44
3.4.2	Perancangan Pergerakan Robot.....	50
3.5	Perancangan Pembersih.....	54
3.5.1	Perancangan Sikat .....	54
3.5.2	Perancangan Penyedot.....	55
3.6	Spesifikasi Robot .....	57
<b>BAB IV</b>	<b>.....</b>	<b>59</b>
4.1	Pengujian Sensor MS 5803 .....	59
4.1.1	Pengujian di dalam Air .....	59
4.2	Pengujian Menggunakan Tachometer .....	61
4.2.1	Pengujian Kontrol Roll PID .....	61
4.2.2	Pengujian Kontrol Pitch PID.....	63
4.2.3	Pengujian Kontrol Kedalaman .....	65
4.3	Pengujian Kontrol Kedalaman.....	66
4.4	Pengujian Kestabilan.....	66
4.5	Pengujian Menyikat Kolam .....	67
4.6	Pengujian Penyedot.....	69
4.7	Pengujian di Kolam Renang .....	73
4.8	Pengujian Respon Pengendalian Sistem` .....	76
<b>BAB V</b> .....	<b>.....</b>	<b>79</b>
5.1	Kesimpulan .....	79
5.2	Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>.....</b>	<b>80</b>
<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b> .....	<b>.....</b>	<b>87</b>

## **TABLE OF CONTENTS**

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>FOREWORD .....</b>	<b>v</b>
<b>TABLE OF CONTENTS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LIST OF FIGURES .....</b>	<b>viii</b>
<b>LIST OF TABLES .....</b>	<b>xv</b>
<b>CHAPTER I.....</b>	<b>1</b>
1.1 Background.....	1
1.2 Problem Formulation.....	2
1.3 Objectives .....	2
1.4 Limitations of Problems.....	3
1.5 Methodology .....	3
1.6 Systematics Writing .....	4
1.7 Relevance.....	5
<b>CHAPTER II .....</b>	<b>7</b>
2.1 Arduino Mega 2560.....	7
2.2 Driver Motor.....	8
2.3 Bilge Pump Motor.....	9
2.4 MS 5803 -14BA .....	10
2.5 Brush .....	10
2.6 Remote Stik Play Station 2 .....	11
2.7 MPU 6050.....	12
2.8 Lipo Batteries.....	12
2.9 Archimedes Law .....	14
2.10 Pulse Width Modulation .....	15
2.11 Proportional-Integral-Derivative (PID) .....	15
2.12 Quadrotor Motion .....	17
2.13 Literature Review .....	19
<b>CHAPTER III.....</b>	<b>27</b>
3.1 System Block Diagram.....	29
3.2 Hardware Design.....	30
3.2.1 Robot Design ( 30 cm x 28 cm x 25 cm ).....	30
3.2.2 Robot Floating Style Similiarities .....	31
3.2.3 Equation of Robot Weight .....	32
3.2.4 Robot Equation at Sinking Condition.....	33

3.2.5	<i>Quadrotor Modelling.....</i>	33
3.2.6	<i>Driver Motor.....</i>	36
3.2.7	<i>Bilge Pump Motor .....</i>	36
3.2.8	<i>Arduino Mega 2560.....</i>	38
3.2.9	<i>Buck Converter .....</i>	39
3.2.10	<i>MPU 6050 Sensor .....</i>	39
3.2.11	<i>MS 5803 Sensor .....</i>	40
3.3	<i>Software Design.....</i>	41
3.3.1	<i>IMU Sensor Data Acquisition .....</i>	41
3.3.2	<i>IMU Sensor Calibration .....</i>	42
3.3.3	<i>MS 5803 – 14 BA Sensor Data Acquisition.....</i>	43
3.4	<i>PID Control.....</i>	43
3.4.1	<i>Design of PID Control.....</i>	44
3.4.2	<i>Design of Robot Movement.....</i>	50
3.5	<i>Cleaning Design .....</i>	54
3.5.1	<i>Brush Design.....</i>	54
3.5.2	<i>Vaacum Design .....</i>	55
3.6	<i>Specification Robot.....</i>	57
<b>CHAPTER IV.....</b>		<b>59</b>
4.1	<i>Testing MS 5803 Sensor.....</i>	59
4.1.1	<i>Testing In Water.....</i>	59
4.2	<i>Testing Using Tachometer.....</i>	61
4.2.1	<i>Roll PID Control Test.....</i>	61
4.2.2	<i>Pitch PID Control Test .....</i>	63
4.2.3	<i>Depth Control Test Using Tachometer.....</i>	65
4.3	<i>Depth Control Test Using Tachometer.....</i>	66
4.4	<i>Stability Testing .....</i>	66
4.5	<i>Pool Brushing Tests .....</i>	67
4.6	<i>Vacuum Tests.....</i>	69
4.7	<i>Swimming Pool Tests .....</i>	73
4.8	<i>Response Test Control System.....</i>	76
<b>CHAPTER V.....</b>		<b>79</b>
5.1	<i>Conclusion.....</i>	79
5.2	<i>Suggestion .....</i>	79
<b>REFERENCES .....</b>		<b>80</b>
<b>BIOGRAPHY .....</b>		<b>87</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Arduino Mega 2560 .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Spesifikasi Arduino Mega 2560 .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Driver Motor VNH2sp30 .....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Skematik Rangkaian VNH2sp30 .....	8
<b>Gambar 2.5</b>	Mtor Bilge Pump .....	10
<b>Gambar 2.6</b>	MS5803 .....	10
<b>Gambar 2.7</b>	Sikat Lantai .....	11
<b>Gambar 2.8</b>	Remote Stik PS2 .....	11
<b>Gambar 2.9</b>	Skematik stik PS2 .....	12
<b>Gambar 2.10</b>	MPU 6050 .....	13
<b>Gambar 2.11</b>	Baterai Lipo .....	14
<b>Gambar 2.12</b>	Hukum Archimedes .....	15
<b>Gambar 2.13</b>	Duty Cycle pada PWM .....	16
<b>Gambar 2.14</b>	Arah Putar Quadrotor .....	19
<b>Gambar 2.15</b>	Arah Putar Quadrotor saat terdapat kemiringan .....	20
<b>Gambar 2.16</b>	ROV .....	26
<b>Gambar 3.1</b>	Integrasi Antar Sistem .....	28
<b>Gambar 3.2</b>	Ilustrasi Sistem .....	28
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram Blok Sistem .....	29
<b>Gambar 3.4</b>	ROV tampak belakang .....	30
<b>Gambar 3.5</b>	ROV tampak samping .....	30
<b>Gambar 3.6</b>	Hukum Archimedes saat Kondisi Tenggelam .....	31
<b>Gambar 3.7</b>	Tabung .....	32
<b>Gambar 3.8</b>	Model Matematis Quadrotor .....	34
<b>Gambar 3.9</b>	Model Matematis Rotasi terhadap Sumbu Y .....	34
<b>Gambar 3.10</b>	Model Matematis Rotasi terhadap Sumbu X .....	35
<b>Gambar 3.11</b>	CoG Robot .....	35
<b>Gambar 3.12</b>	Skematik Driver Motor VNH2sp30 .....	36
<b>Gambar 3.13</b>	Motor DC Pergerakan Horisontal .....	37
<b>Gambar 3.14</b>	Motor DC Pergerakan Vertical .....	37
<b>Gambar 3.15</b>	Skematik Arduino Mega 2560 .....	38
<b>Gambar 3.16</b>	Rangkaian Buck Converter .....	39
<b>Gambar 3.17</b>	Rangkaian Skematik MPU 6050 .....	40
<b>Gambar 3.18</b>	Perancangan Sensor MPU 6050 .....	40

<b>Gambar 3.19</b>	Skematik Sensor MS5803-14BA.....	41
<b>Gambar 3.20</b>	Perancangan Sensor MS5803-14BA.....	41
<b>Gambar 3.21</b>	Alur Kalibrasi Sensor IMU .....	42
<b>Gambar 3.22</b>	Grafik Nilai MS 5803 – 14BA .....	43
<b>Gambar 3.23</b>	Blok Diagram PID.....	47
<b>Gambar 3.24</b>	Blok Diagram PID Roll .....	48
<b>Gambar 3.25</b>	Blok Diagram PID Pitch .....	48
<b>Gambar 3.26</b>	Blok Diagram PID Yaw.....	49
<b>Gambar 3.27</b>	Blok Diagram PID Kedalaman.....	49
<b>Gambar 3.28</b>	Blok Diagram PID Motor 1.....	50
<b>Gambar 3.29</b>	Blok Diagram PID Motor 2.....	50
<b>Gambar 3.30</b>	Blok Diagram PID Motor 3.....	51
<b>Gambar 3.31</b>	Blok Diagram PID Motor 4.....	51
<b>Gambar 3.32</b>	Blok Diagram PID Motor 5.....	52
<b>Gambar 3.33</b>	Blok Diagram PID Motor 6.....	52
<b>Gambar 3.34</b>	Blok Diagram Stabilizer dan Depth Hold .....	53
<b>Gambar 3.35</b>	Flowchart Sistem PID.....	54
<b>Gambar 3.36</b>	Blok Diagram Pembersih .....	55
<b>Gambar 3.37</b>	Blok Diagram Sikat .....	55
<b>Gambar 3.38</b>	Sikat Pada Robot .....	56
<b>Gambar 3.39</b>	Blok Diagram Penyedot.....	56
<b>Gambar 3.40</b>	Penyedot .....	57
<b>Gambar 3.41</b>	Ilustrasi Mekanisme Pembersih.....	57
<b>Gambar 4.1</b>	Uji Coba Sensor di dalam Air .....	58
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Pengujian MS 5803.....	60
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik Pengujian MS 5803.....	60
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Roll ketika Sudut Kemiringan Positif.....	61
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Roll ketika Sudut Kemiringan Negatif.....	62
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Pitch ketika Sudut kemiringan Positif.....	63
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Pitch ketika Sudut kemiringan Negatif .....	64
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil Pengujian Kedalaman dengan Tachometer ....	65
<b>Gambar 4.9</b>	Robot Melakukan Kondisi Kontrol Kedalaman .....	66
<b>Gambar 4.10</b>	Pengujian Kestabilan.....	67
<b>Gambar 4.12</b>	Sikat Robot Berputar 360 derajat diatas Kotoran ....	68
<b>Gambar 4.13</b>	KotoranTerangkat dari Lantai setelah disikat .....	68
<b>Gambar 4.14</b>	Robot Saat Menyedot .....	69

<b>Gambar 4.15</b>	Kondisi Saringan saat setelah Menyedot.....	69
<b>Gambar 4.16</b>	Kotoran yang Menempel pada Saringan .....	70
<b>Gambar 4.17</b>	Hasil Saringan dengan Kecepatan 0 dan 50 .....	70
<b>Gambar 4.18</b>	Hasil Saringan dengan Kecepatan 100.....	71
<b>Gambar 4.19</b>	Hasil Saringan dengan Kecepatan 150.....	72
<b>Gambar 4.20</b>	Hasil Saringan dengan Kecepatan 200.....	72
<b>Gambar 4.21</b>	Tempat Pengujian di Kolam Renang .....	73
<b>Gambar 4.23</b>	Kotoran yang Menempel pada Saringan.....	74
<b>Gambar 4.24</b>	Kotoran Menempel pada Saringan.....	74
<b>Gambar 4.25</b>	Kondisi Saringan Hari Pertama .....	75
<b>Gambar 4.26</b>	Kondisi Saringan Hari Kedua.....	75
<b>Gambar 4.27</b>	Kondisi Saringan Hari Ketiga.....	76
<b>Gambar 4.28</b>	Grafik Saat $K_p = 1.3$ , $K_i = 0$ , $K_d = 0$ .....	76
<b>Gambar 4.29</b>	Grafik Saat $K_p = 1.3$ , $K_i = 0$ , $K_d = 1$ .....	77
<b>Gambar 4.30</b>	Grafik Saat $K_p = 1.3$ , $K_i = 2$ , $K_d = 1$ .....	77
<b>Gambar 4.31</b>	Respon Robot Membersihkan Kolam Renang.....	78

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1</b>	Spesifikasi Robot .....	54
<b>Tabel 2</b>	Tingkat Keberhasilan Sikat pada Kecepatan Tertentu.....	66

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kolam renang adalah konstruksi buatan yang dirancang untuk diisi dengan air dan digunakan untuk berenang, menyelam, atau aktivitas air lainnya. Kolam renang merupakan tempat yang dicari khalayak umum untuk melepas penat, gerah, dan lelah. Kolam renang juga merupakan salah satu media berolahraga yang sangat menyenangkan, dengan berenang kita akan merasa lebih bugar, dan refreshing. Selain juga sebagai pusat kebugaran jasmani, kolam renang juga merupakan salah satu objek wisata air yang ramai dikunjungi orang dari semua kalangan baik orang dewasa, remaja, bahkan anak-anak. Jumlah pengunjung sangat meningkat pada hari-hari libur mencapai ratusan orang. Mengingat banyaknya pengunjung kolam renang, maka sangatlah penting untuk kualitas dari kolam renang tersebut lebih diperhatikan terlebih dari tingkat kebersihan dan keamanan air kolam renang itu sendiri. Bahaya dari kolam yang renang kotor dapat menyebabkan beberapa penyakit seperti diare, kemudian juga dapat menjadi tempat berkembang biaknya bakteri *e coli* dan gardia.

Dewasa ini masih banyak masyarakat yang masih menggunakan cara membersihkan kolam renang secara konvensional. Cara tersebut dilakukan dengan menyikat kolam renang dengan sikat yang panjang. Sikat dibentuk sangat panjang untuk dapat mencapai seluruh lantai kolam renang. Cara ini tidak efisien dan membutuhkan banyak tenaga karena harus menyikat sendiri dan juga harus meraih tempat yang akan dibersihkan dengan sikat. Oleh karena itu diperlukanlah cara membersihkan kolam renang dengan lebih efektif yaitu dilakukan dengan robot.

Salah satu robot yang sedang berkembang adalah *remotely operated vehicles*. *Remotely Operated Vehicles* atau ROV merupakan robot kelautan yang memiliki kemampuan untuk bergerak di dalam air. Keistimewaan alat ini adalah karena fungsinya yang memberikan kemudahan kepada manusia untuk tidak perlu masuk dan menyelam kedalam air untuk melakukan suatu kegiatan. Saat ini robot bawah air banyak bermunculan,

terlihat dari banyaknya industri maupun institusi yang mengembangkan robot bawah air ini. Mulai dari Underwater ROV (*Remotely Operated Vehicle*) sampai kepada AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*).

Karena kecanggihannya dari ROV, ROV telah banyak memberikan kontribusi terhadap kemajuan dunia kelautan dunia. ROV tidak asing lagi dipakai dalam bidang perminyakan, dan gas lepas pantai, baik di dalam negeri maupun diluar negeri. Mulai dari perencanaan, pemasangan atau konstruksi sampai dengan perawatan fasilitas bawah laut tidak lepas dari peran ROV. (Jordan, M.A. and Bustamante)<sup>[6]</sup>

ROV dapat digunakan juga untuk membersihkan lantai kolam renang. Alat ini akan bergerak sesuai dengan remote kontrol. Untuk membersihkan lantai kolam renang, ROV ditambahkan sikat khusus dan penyedot untuk membersihkan kolam renang pada bagian bawah ROV. Alat ini yang menjadi tugas akhir penulis dengan judul rancang bangun robot pembersih lantai kolam renang. Alat ini memungkinkan untuk membantu, mempermudah dan mempercepat pekerjaan manusia dalam membersihkan lantai kolam renang. Sehingga manusia tidak perlu lagi untuk repot – repot masuk dan menyelam kedalam kolam renang.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Membuat mekanik komponen robot agar air tidak bisa masuk..
2. Membuat robot seimbang dalam air.
3. Membuat robot bernavigasi dalam air.
4. Membuat robot membersihkan lantai kolam renang.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Robot dapat menyelam hingga mencapai lantai kolam renang.
2. Robot dapat seimbang saat bergerak dalam kolam renang.
3. Robot dapat membersihkan lantai kolam renang.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Robot dapat membersihkan kolam renang dengan tinggi maksimal 3 meter.

## 1.5 Metodologi

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### 1. Studi Literatur

Tahap ini meliputi pengumpulan dasar teori yang dapat menjadi acuan tugas akhir. Dasar teori akan diambil dari jurnal dan *paper*.

### 2. Perancangan *Hardware*

Perancangan *Hardware*, secara umum, meliputi 1 remote, 1 motor yang diberi sikat, 1 motor untuk penyedot dan 6 buah motor yang diberi baling-baling yang dikontrol dengan 1 buah Arduino Mega dan 7 buah Driver Motor di mana setiap driver motor mengontrol 1 buah motor. Dari keseluruhan tersebut akan dirancang menjadi sebuah kesatuan sistem elektronika yang terintegrasi.

### 3. Perancangan *Software*

Perancangan *Software*, meliputi perancangan algoritma kontrol PID yang digunakan pada pergerakan robot ROV agar dapat bergerak secara stabil dalam air.

### 4. Pengujian Sistem

Tahapan pengujian sistem akan dilakukan dalam tahap, yaitu: Pengujian alat dilakukan untuk menentukan keandalan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk melihat *software* dan *hardware* bisa bekerja dengan baik atau tidak. Untuk pengujian tahap pertama adalah menguji kemampuan robot untuk menyelam dan bernavigasi dalam

kolam renang. Pengujian kedua adalah menguji kemampuan robot untuk membersihkan kolam renang.

## **5. Analisa**

Analisa dilakukan terhadap hasil dari pengujian sehingga dapat ditentukan karakteristik dari *software* dan *hardware* yang telah dibuat. Apabila karakteristik dari *software* dan *hardware* masih belum sesuai, maka perlu dilakukan perancangan ulang pada sistem.

## **6. Penulisan Laporan Tugas Akhir**

Tahap penulisan laporan tugas akhir adalah tahapan terakhir dari proses pengerjaan tugas akhir ini. Laporan tugas akhir berisi seluruh hal yang berkaitan dengan tugas akhir yang telah dikerjakan yaitu meliputi pendahuluan, tinjauan pustaka dan teori penunjang, perancangan sistem, pengujian, dan penutup.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai sistem yang dibuat terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

#### ➤ **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

#### ➤ **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI PENUNJANG**

Bab ini menjelaskan tentang teori penunjang dan *literature* yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Dasar teori yang menunjang meliputi teori dasar remote stick PS2, Mikrokontroler kontrol PID, *pulse width modulation*, *driver motor*, motor DC. Bagian ini memaparkan mengenai beberapa teori penunjang dan beberapa literatur yang berguna bagi pembuatan Tugas Akhir ini.

#### ➤ **BAB III : PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) untuk sistem robot agar dapat bermanuver atau bergerak.

➤ **BAB IV : PENGUJIAN**

Pada bab ini akan menjelaskan hasil uji coba sistem beserta analisisnya.

➤ **BAB V : PENUTUP**

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

**1.7 Relevansi**

Hasil yang diharapkan dari tugas akhir ini diharapkan mampu meringankan pekerjaan manusia untuk membersihkan kolam renang air. Pengembangan lebih lanjut dari sistem ini mampu membersihkan kolam renang sekaligus menyedot kotoran.

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*



## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

Teori penunjang dalam bab ini menjelaskan tentang teori penunjang yang berhubungan dengan keseluruhan sistem yang akan dibuat pada tugas akhir ini.

#### **2.1      Arduino Mega 2560**

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibuthkan untuk sebuah mikrokontroller. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.



**Gambar 2.1** Arduino Mega 2560<sup>[22]</sup>

## Spesifikasi

Chip mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

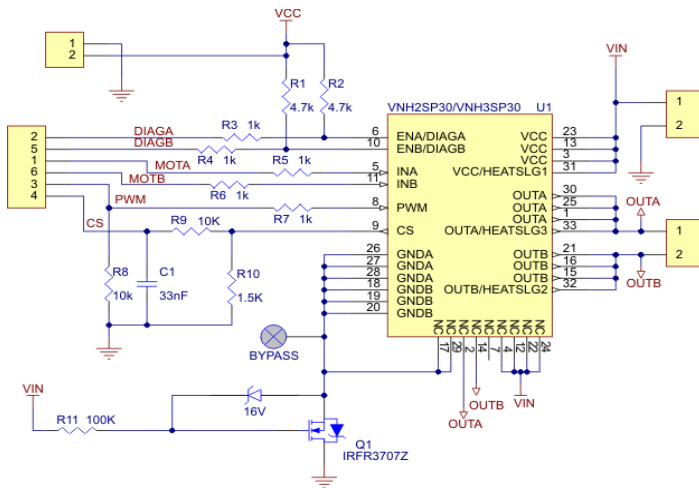
**Gambar 2.2** Spesifikasi Arduino Mega 2560<sup>[22]</sup>

## 2.2 Driver Motor

Tegangan maksimal dari *driver* motor ini sebesar 15 Volt. Satu buah *driver* motor dapat mengontrol 1 buah pwm, dimana masing2 pwm digunakan untuk mengontrol satu buah motor. *Driver* ini membutuhkan tegangan input sebesar 2.7-5.5 Volt. Driver ini dapat mengalirkan arus sampai 6 Ampere.



**Gambar 2.3** Driver Motor VNH2sp30<sup>[23]</sup>



**Gambar 2.4** Skematik Rangkaian VN12sp30<sup>[24]</sup>

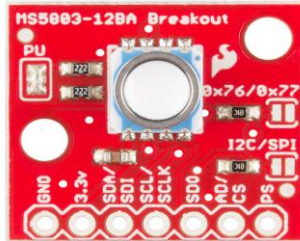
### 2.3 Motor Bilge Pump

Bilge pump motor merupakan pompa air yang biasa digunakan untuk menyedot air dalam perahu yang diletakkan didasar lambung kapal, sehingga air yang masuk ke dalam lambung kapal dapat dipompa keluar. Bilge pump motor mampu bertahan didalam air karena memiliki pembungkus kedap air.

Motor Bilge Pump memiliki tegangan supply sebesar 12 volt dan mengalirkan arus maksimal sebesar 3 ampere. Motor bilge pump adalah motor yang *waterproof* ( tahan air ). Motor bilge pump memiliki GPH sebesar 1100.



**Gambar 2.5** Motor Bilge Pump<sup>[25]</sup>



**Gambar 2.6** MS 5803<sup>[26]</sup>

## 2.4 MS 5803 -14BA

Sensor Breakdown Sensor MS5803-14BA, sensor tekanan resolusi tinggi dengan antarmuka I2C dan SPI. Sensor tekanan MEMS ini mengukur tekanan absolut cairan di sekitarnya yang meliputi udara, air, dan hal lain yang bekerja seperti cairan kental. Sensor ini dapat menentukan ketinggian, kedalaman air, atau tugas lain yang memerlukan pembacaan tekanan yang akurat. Yang membuat MS5803-14BA unik adalah membran gel dan tutup stainless steel antimagnetik yang melindungi terhadap tekanan air 30 bar.

Pin konfigurasi terdiri dari GND dan 3.3V untuk power, SDA / SDI dan SCL / SCLK untuk antarmuka I2C dan SD0, AD / CS, dan PS untuk antarmuka SPI. Gambar dapat dilihat pada gambar 2.6.

## 2.5 Sikat

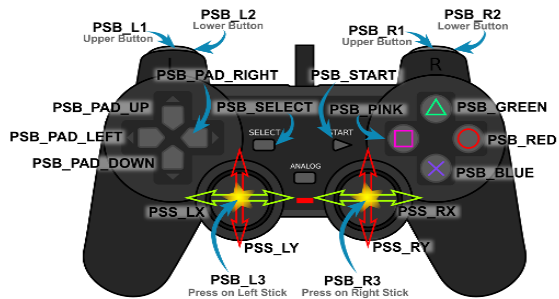
Untuk membersihkan kolam renang maka digunakanlah sikat. Sikat yang dikhususkan untuk membersihkan lantai.



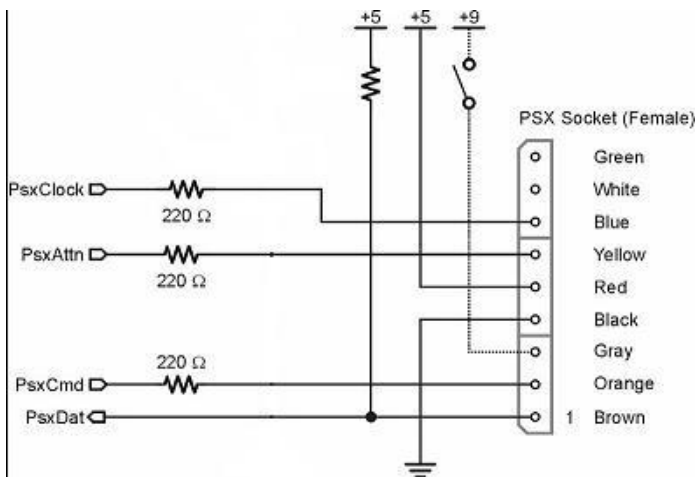
**Gambar 2.7** Sikat Lantai<sup>[27]</sup>

## 2.6 Remote Stik Play Station 2

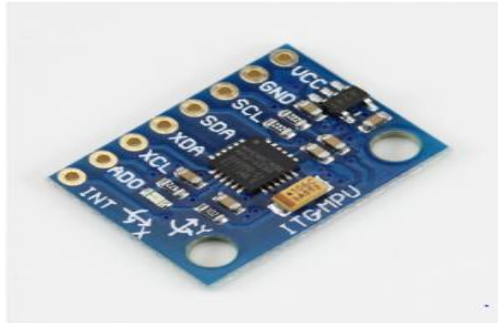
*Remote stik play station 2* adalah remote stick yang bias digunakan untuk bermain permainan dalam play station. Remote stik play station memiliki 2 buah analog dan juga 8 tombol. Remote stik playstation sendiri memiliki 6 konfigurasi pim yaitu data, command, vcc, ground, attention, clock.



**Gambar 2.8** Remote Stik PS2<sup>[28]</sup>



**Gambar 2.9** Skematik Stik PS2<sup>[28]</sup>



**Gambar 2.10** MPU 6050<sup>[29]</sup>

## 2.7 MPU 6050

GY-521 MPU-6050 Module adalah sebuah modul berinti MPU-6050 yang merupakan 6 axis Motion Processing Unit dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat modul ini siap dipakai dengan tegangan supply sebesar 3-5VDC. Modul ini memiliki interface I2C yang dapat disambungkan langsung ke MCU yang mempunyai fasilitas yaitu I2C.

Sensor MPU-6050 berisi sebuah MEMS Accelerometer dan sebuah MEMS Gyro yang saling terintegrasi. Sensor ini sangat akurat dengan fasilitas hardware internal 16 bit ADC untuk setiap kanalnya. Sensor ini akan menangkap nilai kanal axis X, Y dan Z bersamaan dalam satu waktu. Gambar dapat dilihat pada gambar 2.10.

## 2.8 Baterai Lipo

Baterai Lipo seperti pada gambar 2.5 digunakan sebagai sumber dalam suatu rangkaian elektronika. Baterai LiPo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai LiPo, terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada charging dan discharging rate. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak

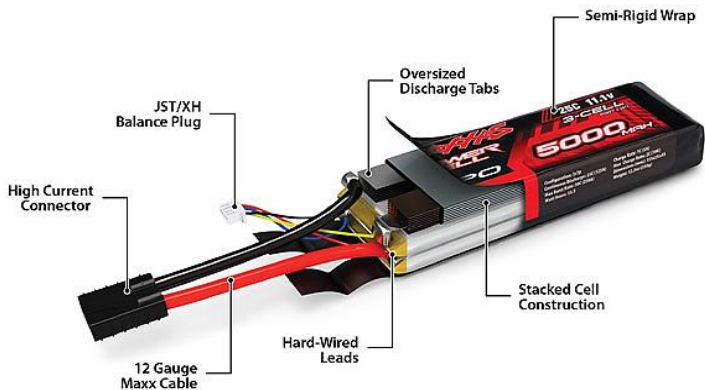
dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari. Seandainya para ilmuwan dapat memecahkan masalah ini maka risiko keamanan pada baterai jenis lithium akan sangat berkurang.

Ada tiga kelebihan utama yang ditawarkan oleh baterai berjenis LiPo daripada baterai jenis lain seperti NiCad atau NiMH yaitu :

- Baterai LiPo memiliki bobot yang ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran
- Baterai LiPo memiliki kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar
- Baterai LiPo memiliki tingkat discharge rate energi yang tinggi

Selain keuntungan yang dimilikinya, baterai jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu:

- Harga baterai LiPo masih tergolong mahal jika dibandingkan dengan baterai jenis NiCad dan NiMH
- Performa yang tinggi dari baterai LiPo harus dibayar dengan umur yang lebih pendek. Usia baterai LiPo sekitar 300-400 kali siklus pengisian ulang. Sesuai dengan perlakuan yang diberikan pada baterai.
- Alasan keamanan. Baterai LiPo menggunakan bahan elektrolit yang mudah terbakar.



**Gambar 2.11** Baterai Lipo<sup>[30]</sup>

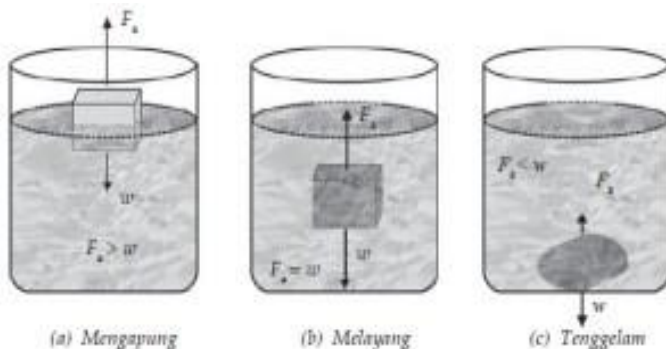
- Baterai LiPo membutuhkan penanganan khusus agar dapat bertahan lama. Charging, Discharging, maupun penyimpanan dapat mempengaruhi usia dari baterai jenis ini.

## 2.9 Hukum Archimedes

Hukum Archimedes Hukum Archimedes adalah sebuah hukum mengenai prinsip pengapungan di atas zat cair. Ketika sebuah benda tercelup sepenuhnya di dalam zat cair, maka akan ada gaya ke atas yang ditimbulkan oleh zat cair pada benda yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan. Hukum ini ditemukan oleh seorang ilmuwan yang bernama Archimedes seorang astronom, fisikawan, matematikawan dan juga insinyur berkebangsaan Yunani.

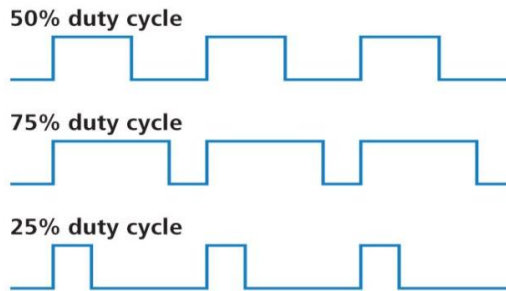
Berikut ini adalah syarat benda dikatakan mengapung, tenggelam, melayang :

- Mengapung : massa jenis benda harus lebih kecil dari masa jenis zat cair.
- Melayang : massa jenis benda harus sama dengan dari masa zat cair
- Tenggelam : massa jenis benda harus lebih besar dari massa zat cair.



**Gambar 2.12** Hukum Archimedes<sup>[31]</sup>





**Gambar 2.13** Duty Cycle pada PWM <sup>[32]</sup>

## 2.10 Pulse Width Modulation

Dasar pulse width modulation (PWM) secara luas digunakan di dalam aplikasi elektronika daya untuk pengaturan pengkonversian daya (DC/DC, DC/AC, dll.) Secara sederhana, PWM merupakan sinyal yang lebar pulsa yang bernilai “HIGH” dalam satu periode.

Duty Cycle pada PWM mewakili suatu tegangan DC, tergantung nilai duty cycle. Duty cycle merupakan perbandingan lama waktu sinyal bernilai “HIGH” dengan satu periode. Gambar 2.12 menggambarkan duty cycle dari PWM. Selain digunakan dalam pengaturan pengkonversian daya, ada beberapa aplikasi lain dari PWM. Contoh aplikasi umum yang lain adalah pengendalian kecepatan motor DC, pengendalian motor servo, pengaturan nyala terang LED dan lain sebagainya. Gambar ditunjukkan pada gambar 2.13.

## 2.11 Proportional-Integral-Derivative (PID)

Sistem kontrol PID merupakan suatu kontroller yang berfungsi untuk menentukan kepresisian (kestabilan) suatu system instrumentasi dengan karakteristik umpan balik pada sistem tersebut [9]. Kontroler PID terdiri dari tiga parameter yaitu *proportional* (P), *derivative* (D), *integral* (I). Dalam implementasinya masing-masing parameter dapat bekerja sendiri maupun menggabungkan dari parameter tersebut. Parameter P, I dan D merupakan parameter yang diatur dalam sistem sesuai terhadap input sistem yang diinginkan.

Dasar teoritis untuk menganalisis kinerja kontrol PID adalah mempertimbangkan representasi dari *Integrator* dengan *Transformasi*

*Laplace* (1/S), dan *Differensiator* dengan *Transformasi Laplace* (S). Secara konseptual, kontroler PID memiliki tiga representasi yang berbeda, yaitu Pertama, ada representasi simbolis, dimana masing-masing dari tiga parameter dapat dipilih untuk mencapai tindakan kontrol yang berbeda. Kedua, ada bentuk operator domain waktu. Ketiga, ada *Transformasi Laplace* versi kontroler PID. Hal ini memberikan interpretasi kontrol s- domain dan memungkinkan hubungan antara domain waktu dan domain frekuensi.

Berikut merupakan pola algoritma kontroler PID yang terdiri dari elemen *proportional gain*, *integral gain*, dan *derivative gain*. Dalam pola algoritma kontroler PID juga terdapat *error* yang berfungsi sebagai pengontrolan output saat ini dengan output.

Sebelumnya :

$$PID = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Diumpamakan  $PID = U_n$

$$U_n = K_p e_n + K_i \sum e_n n_i = 0 dt + K_d (e_n - e_{n-1} dt) \quad (2.6)$$

Keterangan (Persamaan PID) :

Dimana variable  $k_p, k_i, k_d$  merupakan gain dari parameter proportional, integral, derivative dan  $e_n - e_{n-1}$  adalah nilai error saat ini dan sebelumnya. Dalam persamaan algoritma PID diperlukan time sampling (dt) untuk waktu pengambilan data, sehingga output kontroler PID ( $U_n$ ) dapat diamati per sampling data yang telah ditentukan. Serta pada algoritma PID terdapat istilah integral yang diartikan sebagai bentuk penjumlahan secara increments, dan differensial yang diartikan sebagai bentuk perbedaan atau selisih.

Parameter-Parameter Penyusun Kontroller PID :

- **Proportional**

Pengaruh pada sistem :

1. Menambah atau mengurangi kestabilan.
2. Mengurangi (bukan menghilangkan) Error steady state

Persamaan matematis :

$$U(t) = K_p \cdot e(t)$$

Dimana  $K_p$  : konstanta proporsional  
 Dalam laplace

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

- **Integral**

Pengaruh pada sistem :

Menghilangkan *Error Steady State* namun dapat menimbulkan ketidakstabilan (karena menambah orde sistem). Selain itu kontrol integral memiliki rise time yang lebih lama dibandingkan kontrol proporsional (responnya lebih lama).

Persamaan matematis :

$$U(t) = K_i \int_0^t e(t) dt$$

Dimana  $K_i$  : konstanta integral

Dalam laplace :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

- **Derivative**

Pengaruh pada sistem :

Memberikan efek redaman pada osilasi. Hal ini juga dapat menyebabkan memberikan nilai  $K_p$  yang lebih besar. Selain itu kontrol *Derivative* hanya berubah saat perubahan error, saat ada error statis kontroler ini tidak dapat bereaksi, sehingga kontroler D ini tidak dapat digunakan sendiri tanpa ada kontroler lainnya (biasanya di gabungkan dengan pengendali proporsional). Memperbaiki respon transien, karena memberikan aksi saat ada perubahan error.

Persamaan matematis :

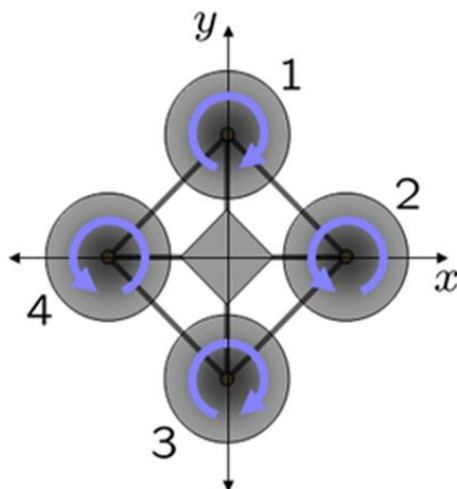
$$D = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

## 2.12 Gerak Quadrotor

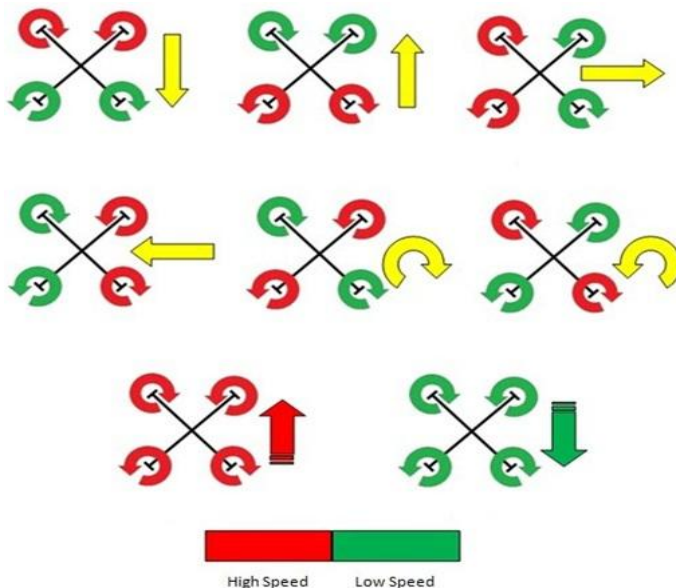
Quadrotor memiliki empat baling-baling penggerak yang diposisikan tegak lurus terhadap bidang datar. Masing-masing rotor (baling-baling dan motor penggeraknya) menghasilkan daya angkat dan memiliki jarak yang sama terhadap pusat massa total. Kecepatan

quadrotor tergantung pada kekuatan motor dan berat quadrotor itu. Untuk menghindari terjadinya momen putar pada body, arah putaran baling-baling pada setiap rotornya berbeda. Terdapat 2 rotor yang bergerak searah jarum jam (CW) dan 2 rotor yang bergerak berlawanan arah jarum jam (CCW).

Konfigurasi yang paling sering digunakan adalah X-quadcopter. Ketika quad rotor bergerak naik atau turun maka kecepatan putar pada setiap rotornya adalah sama. Saat quadrotor melakukan gerakan maju, 2 buah baling-baling atau propeller yang berada dibelakang akan berputar lebih cepat sehingga body quadrotor akan miring ke depan. Gaya dorong yang dihasilkan keempat propeller akan mempunyai komponen gaya ke atas dan ke depan sehingga quadcopter akan terdorong ke arah depan sambil mempertahankan ketinggiannya. Untuk robot ini quadrotor hanya dikhususkan untuk bergerak naik dan turun saja karena untuk menjaga keseimbangan saat robot berada di lantai kolam. Untuk pergerakan yaw robot bergerak sesuai dengan motor yang berada di belakang. Berikut adalah ilustrasi gerakan pesawat yang dipengaruhi oleh kecepatan propeller. ( Hamdani, CN. Rusdhianto, EAK. Iskandar, E. 2013 )<sup>[2]</sup>



**Gambar 2.14** Arah Putar Quadrotor<sup>[2]</sup>



**Gambar 2.15** Arah Putar Quadrotor saat terdapat kemiringan<sup>[2]</sup>

## 2.13 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk membandingkan perangkat teknologi yang telah ada dengan perangkat teknologi yang dirancang pada tugas akhir ini.

Mohd Shahrieel Mohd Aras, Fadilah Abdul Azis, Lim Wee Teck, Shahrum Shah Abdullah, Ahmad Fadzli Nizam Abdul Rahman (2015)<sup>[11]</sup>. *System Identification of a Prototype Small Scale for Depth Control*, makalah ini menjelaskan mengenai sebuah system identifikasi prototype rov (remotely operated vehicle) untuk kontrol kedalaman. Pada makalah ini kontrol kedalaman menggunakan metode PID. Kontrol kedalaman sangat penting untuk robot bawah air karena jika didalam air maka gangguan akan sangat banyak maka diperlukanlah kontrol kedalaman agar membuat robot bawah air tetap pada posisinya walaupun terdapat gangguan. Metode PID dibuat simulasi dengan menggunakan matlab untuk mengetahui nilai PID yang tepat. Hasil yang

didapat kontrol kedalaman berhasil dilakukan dengan menggunakan metode PID dengan nilai proportional sebesar 0.9, nilai integral sebesar 245, dan nilai derivative sebesar 0. Perbedaan makalah ini dan tugas akhir adalah makalah ini tidak menggunakan kestabilan ( *stabilizer* ). Keseimbangan atau kestabilan juga penting untuk robot bawah air agar tetap menjaga posisinya tidak berubah.

Adel Khadhraoui, Lotfi Beji, Samir Otmame, Azgal Abichou ( 2015 ) <sup>[12]</sup>. *Stabilizing control based observer for a remotely operated vehicle ( ROV – Observer )*, pada makalah ini menjelaskan mengenai kontrol keseimbangan untuk ROV ( Remotely Operated Vehicle ). Pada makalah ini ROV ditugaskan atau dibuat untuk menjadi robot pengawas. Robot pengawas ini akan diberikan sebuah kontrol kestabilan untuk membantu tugasnya. Kestabilan diperlukan agar robot mampu mengawasi di seluruh lautan di semua negara. Air laut banyak terdapat gangguan seperti halnya gelombang kecil maupun gelombang besar. Pada makalah ini kontrol keseimbangan menggunakan fungsi Lyapunov dan teknik backstepping. Pada makalah ini juga tidak terdapat kontrol kedalaman. Perbedaan pada makalah ini dengan tugas akhir adalah metode untuk kestabilan atau keseimbangan dan juga adanya kontrol kedalaman. Jika makalah ini menggunakan fungsi Lyapunov dan teknik backstepping sedangkan tugas akhir ini menggunakan metode PID. Kontrol kedalaman juga diperlukan oleh robot bawah air untuk mengawasi situasi laut. Dengan adanya kontrol kedalaman maka robot akan dapat bertahan di posisinya walaupun terdapat banyak gangguan.

Cheng Siong Chin, Micheal Wai Shing Lau, Eicher Low, Gerald Gim Lee Seet ( 2006 ) <sup>[13]</sup>. *Design of Thruster Configuration and Thrust Allocation Control for a Remotely Operated Vehicle*. Pada makalah ini menjelaskan desain mengenai penempatan tenaga pendorong ( *thruster* ) untuk ROV ( Remotely Operated Vehicle ). Makalah ini menjelaskan bahwa penempatan tenaga pendorong akan berpengaruh pada kestabilan dari robot bawah air. Dengan adanya penempatan tenaga pendorong yang benar maka robot akan dapat bergerak dengan stabil berbeda jika robot tidak menempatkan tenaga pendorongnya dengan benar. Tenaga pendorong yang ditempatkan di tempat yang salah akan membuat robot bawah air menjadi tidak stabil. Pada makalah ini menggunakan matlab untuk mendapatkan hasil tersebut, Hasil yang didapat adalah bahwa penempatan tenaga pendorong benar berpengaruh pada pergerakan robot bawah air. Perbedaan pada makalah ini dan tugas akhir adalah pada makalah ini

tidak menggunakan sensor apapun untuk mencapai kestabilan tetapi hanya menggunakan desain penempatan tenaga pendorong. Jika pada tugas akhir menggunakan sensor dan juga menggunakan desain penempatan tenaga pendorong.

A Trebi-Ollennu, J King and B A WhiteA ( 1995 )<sup>[14]</sup>. *Study Of Robust Multivariable Control Design For Remotely Operated Vehicle Depth Control System*. Pada makalah ini ROV ( Remotely Operated Vehicle ) menggunakan metode kontrol fuzzy untuk membuat robot dapat mengontrol kedalaman. Mengontrol kedalaman berarti robot tidak berpengaruh pada gangguan – gangguan yang akan menyebabkan robot berpindah posisi. Pada makalah ini didapatkan hasil bahwa menggunakan metode kontrol fuzzy untuk kontrol kedalaman dapat dilakukan tetapi membutuhkan respon yang agak lambat. Perbedaan pada makalah ini dengan tugas akhir adalah adanya kontrol kestabilan dan metode kestabilan yang digunakan untuk kontrol kedalaman. Kontrol keseimbangan atau kontrol kestabilan ( *stabilizer* ) juga sama pentingnya dengan kontrol kedalaman untuk membuat robot mempertahankan posisi.

Chanin Joachim, Rattanakorn Phadungthin, Sawangtit Srikituwan ( 2016 )<sup>[15]</sup>. *Design and Development of a Remotely Operated Underwater Vehicle*. Makalah ini membuat sebuah robot bawah air ( ROV ) untuk dapat meminimalisir kegiatan manusia dengan air laut. Kegiatan manusiadi dalam air laut dapat menyebabkan bahaya dan juga juga kerugian terhadap manusia. Seperti halnya kegiatan eksplorasi, kegiatan eksplorasi yang memiliki medan sangat berat dan juga gangguan yang sangat banyak akan sangat tidak memungkinkan dan menguntungkan jika manusi yang melakukan kegiatan eksplorasi tersebut maka dibutuhkan sebuah robot bawah air yang dapat menggantikan pekerjaan manusia yang merugikan tersebut. Pada makalah ini telah dibahas bahwa robor bawah air ( ROV ) menggunakan sensor GY – 85 untuk mencapai keseimbangan atau kestabilan. Kestabilan tersebut berguna untuk mempermudah tugas robot bawah air. Dengan adanya kestabilan robot tidak perlu takut lagi dengan adanya gangguan – gangguan seperti halnya ombak yang besar dan kecil. Perbedaan pada makalah ini dengan tugas akhir ini adalah tipe sensor IMU ( *Motion Sensor* ). Jika sensor IMU yang digunakan pada makalah ini adalah GY – 85 maka pada tugas akhir menggunakan sensor IMU MPU 6050.

William Budiman, Madhavan Shanmugavel, Veera Ragavan, Samuel Borthwick Lazarus ( 2014 )<sup>[16]</sup>. *A Low-Cost Underwater Navigation System for Remotely Operated Underwater Vehicle - Design, System-Integration, and Implementation*. Makalah ini bertujuan untuk membuat sebuah robot bawah air ( ROV ) dengan biaya yang kecil. ROV ( Remotely Operated Vehicle ) ini menggunakan sensor gyroscope yaitu ITG – 3200 dan juga sensor accelerometer yaitu ADXL 345. Hasil yang didapatkan adalah menggunakan sensor gyroscope ITG – 3200 dan sensor accelerometer ADXL 345 berhasil membuat robot stabil dalam bergerak. Perbedaan makalah ini dan tugas akhir adalah pemilihan sensor. Jika pada makalah ini sensor gyroscope dan accelerometer tidak satu modul maka pada tugas akhir ini sensor gyroscope dan accelerometer menjadi satu modul yaitu MPU 6050. Selain pada pemilihan sensor perbedaan lainnya adalah adanya kontrol kedalaman. Pada tugas akhir ini robot ditambahkan fitur kontrol kedalaman agar robot dapat tetap mempertahankan posisi kedalaman walaupun terdapat banyak gangguan.

Yuh and R. Lakshmi ( 1990 )<sup>[17]</sup>. *Design of an Intelligent Control System for Remotely Operated Vehicles*, makalah ini menjelaskan mengenai sistem kontrol yang digunakan pada roV ( remotely operated vehicle ) adalah metode neural network. ROV ( remotely operated vehicle ) adalah alat sangat penting untuk kegiatan bawah laut. ROV juga bisa sebagai pengganti para penyelam karena di kedalaman tertentu penyelam tidak bisa melanjutkan aktifitasnya. Oleh karena itu dengan adanya ROV ( remotely operated vehicle ) dapat digunakan untuk menggantikan para penyelam di kedalaman tertentu. ROV dapat digunakan untuk inspeksi, memperbaiki, dan tugas yang lain. Robot ini menggunakan proses learning sebanyak tiga kali. Hasil yang didapatkan adalah proses learning sebanyak tiga kali adalah proses learning yang dianggap paling maksimal. Hal tersebut dihitung menggunakan matlab. Menggunakan neural network untuk ROV (remotely operated vehicle ) terkadang masih muncul hasil yang *random* ( acak ). Perbedaan makalah ini dengan tugas akhir adalah metode yang digunakan. Jika makalah ini menggunakan metode neural network sedangkan tugas akhir menggunakan metode PID.

William Budiman, Madhavan Shanmugavel, Veera Ragavan, Samuel Borthwick Lazarus ( 2014 )<sup>[18]</sup>. *A Low-Cost Underwater Navigation System for Remotely Operated Underwater Vehicle - Design, System-Integration, and Implementation*. Pada makalah ini dijelaskan



mengenai pembuatan ROV (remotely operated vehicle ). ROV ini menggunakan sensor IMU sebagai kestabilan. Robot ini dibangun atau dibuat menggunakan pipa sebagai rangka. *Tupperware* atau tempat makan sebagai tempat komponen. Kabel memiliki panjang 2 – 3 meter. Sehingga jangkauan jarak robot sampai 2 – 3 meter. Hasil pada makalah ini adalah bahwa menggunakan sensor IMU dapat membuat robot menjadi stabil saat bergerak, dan *tupperware* adalah alat yang ampuh untuk menjadi tempat komponen yang kedap air. Perbedaan makalah ini dengan tugas akhir ialah terletak pada desain. Jika pada makalah ini menggunakan pipa sebagai rangka sedangkan tugas akhir menggunakan alumunium sebagai rangka dan tempat komponen pada makalah ini menggunakan *tupperware* sedangkan pada tugas akhir ini menggunakan tabung akrilik sebagai tempat komponen yang kedap air. Kabel pada makalah ini memiliki panjang 2 – 3 meter sedangkan pada tugas akhir kabel memiliki panjang 5 – 6 meter sehingga memiliki jarak kendali yang lebih panjang.

Graeme R. A. Dunbar, Norrie S. Edward, Mamdud Hossain, Terry G. McKay, John Still ( 2007 ) <sup>[19]</sup>. *Simple Remotely Operated Vehicles for Students and Schoolchildren*, makalah ini dibuat untuk membuat robot bawah air ( ROV ) yang murah. ROV (remotely operated vehicle ) ini nantinya akan digunakan untuk mengenalkan robot bawah air kepada murid – murid. ROV ini menggunakan ballast untuk pergerakan naik ke atas dan turun ke bawah. ROV ini memiliki 2 motor untuk pergerakan maju ke depan dan mundur ke belakang. Hasil yang didapatkan adalah ROV ini dapat bergerak dengan baik walaupun masih terkadang tidak stabil. Perbedaan makalah ini dengan tugas akhir adalah penggunaan sensor. Jika pada makalah ini tidak menggunakan sensor sama sekali sedangkan pada tugas akhir menggunakan dua buah sensor yaitu sensor IMU dan sensor tekanan.

Yangmin Li and Ka Meng Lo ( 2009 ) <sup>[20]</sup>. *Dynamics and Kinematics of Novel Underwater Vehicle-Manipulator for Cleaning Water Pool*, makalah ini menjelaskan bahwa robot bawah air selain dapat digunakan untuk mengawasi kegiatan bawah laut juga dapat digunakan untuk kegiatan lain seperti membersihkan kolam renang. Robot ini menggunakan ban sebagai pergerakan maju ke depan dan mundur ke belakang. Robot ini dilengkapi lengan untuk membersihkan bagian samping kolam renang. Lengan dipasang sikat untuk membuat bagian samping kolam renang menjadi bersih. Robot ini tidak menggunakan baling – baling sebagai penggerak. Hasil yang didapatkan

adalah robot ini berhasil menyikat daerah samping dan lantai kolam renang dan robot ini berhasil bergerak di lantai kolam renang. Perbedaan makalah ini dengan tugas akhir adalah pada pergerakan dan kontrol. Jika pada makalah ini menggunakan ban sebagai penggerak maka pada tugas akhir menggunakan baling – baling sebagai penggerak. Jika pada makalah ini tidak menggunakan kontrol keseimbangan dan kedalaman maka pada tugas akhir menggunakan hal tersebut. Pada tugas akhir tidak menggunakan lengan seperti halnya yang ada pada makalah ini. Pada tugas akhir ini robot dilengkapi dengan sistem penyedot sehingga kotoran yang telah disikat akan segera disedot sehingga kotoran tidak akan kembali lagi ke air kolam renang.

*Remotely operated vehicles* atau ROV merupakan robot kelautan yang memiliki kemampuan untuk mengamati benda – benda yang ada dilautan. Keistimewaan alat ini adalah karena fungsinya yang memberikan kemudahan kepada manusia untuk tidak perlu masuk dan menyelam kelautan dalam mengamati berbagai sumber daya yang ada dilautan. Saat ini robot bawah air banyak bermunculan, terlihat dari banyaknya industri maupun institusi yang mengembangkan robot bawah air ini. (W. M. Bessa, M. S. Dutra, and E. Kreuzer) <sup>[7]</sup>

Karena kecanggihannya dari ROV, ROV telah banyak memberikan kontribusi terhadap kemajuan dunia kelautan dunia. ROV tidak asing lagi dipakai dalam bidang perminyakan, dan gas lepas pantai, baik didalam negeri maupun diluar negeri. Mulai dari perencanaan , pemasangan atau konstruksi sampai dengan perawatan fasilitas bawah laut tidak lepas dari peran ROV.

ROV terbagi atas berbagai tipe, tergantung dari kemampuan dan fungsi kerjanya. Ada Small Electric Vehicle, -ROV kecil, berdimensi mini untuk kedalaman kurang dari 300m, biasanya untuk keperluan inspeksi dan pengamatan, digunakan untuk inspeksi perairan pantai, juga untuk ilmiah, SAR, waduk, saluran air dan inspeksi nuklir. (Ranasinghe.2015)<sup>[5]</sup>

Ada juga berdasarkan kemampuan kerjanya seperti tipe *Work Class Vehicle*, yang menggunakan listrik dan hidrolik sebagai sumber tenaganya. Sebagian besar tipe ini untuk mendukung pekerjaan pengeboran lepas pantai, yang digunakan untuk survey dan rektifikasi pipa gas bawah laut dan kelas inspeksi (inspection-class) dan yang kelas kerja atau (work-class). ROV kelas inspeksi ini kecil dan

agak ringan, biasanya digunakan untuk survey dan pekerjaan test karat (*catodhic protection*) konstruksi platform dan bangunan air lepas pantai. ( Yuh, Junku. 2005 )<sup>[1]</sup>

Rov dapat juga diaplikasikan menjadi robot pembersih kolam renang ini dapat bergerak di lantai kolam renang dengan menggunakan satu propeller yang terdapat di bagian atas robot. Robot ini mengandalkan roda untuk bisa bergerak di dalam air.

Namun pada robot ini tidak bisa bergerak di keadaan melayang, hanya bisa bergerak saat tenggelam saja. Setelah robot ini selesai membersihkan kolam renang maka untuk membawa robot ini naik ke permukaan adalah dengan menarik kabelnya.

Robot ini tidak menggunakan stabilizer karena robot ini hanya mengandalkan berat untuk tetap bisa bergerak di dalam lantai kolam. Oleh karena itu pada robot yang dibuat pada tugas akhir melengkapi apa yang tidak ada pada robot diatas yaitu dengan menambahkan stabilizer, kontrol berupa remot dan menambahkan jumlah propeller sehingga daya tekan kebawah akan lebih besar. (Isfahan University of Technology ROV team )<sup>[4]</sup>



**Gambar 2.16 ROV** <sup>[1]</sup>

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*

## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

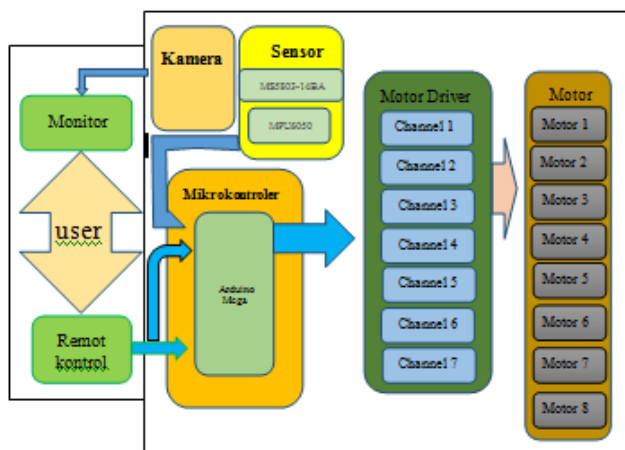
Perancangan sistem ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan antara lain, Arduino Mega 2560, *driver* motor vnh2sp30, motor dc bilge pump, remote stik PS2. Sensor yang digunakan merupakan sensor MPU 6050 dan sensor MS 5803. Sensor MPU 6050 dapat mengidentifikasi arah gerak rov seperti yaw , pitch dan rollnya. Sensor MS 5803 dapat mengidentifikasi tekanan dalam air yang dapat dikonversikan ke kedalaman.

Perangkat lunak meliputi program Arduino Mega 2560 menggunakan *software* Arduino dan kontrol PID. Kontrol PID adalah sistem kontrol yang digunakan untuk mengontrol kestabilan ROV.

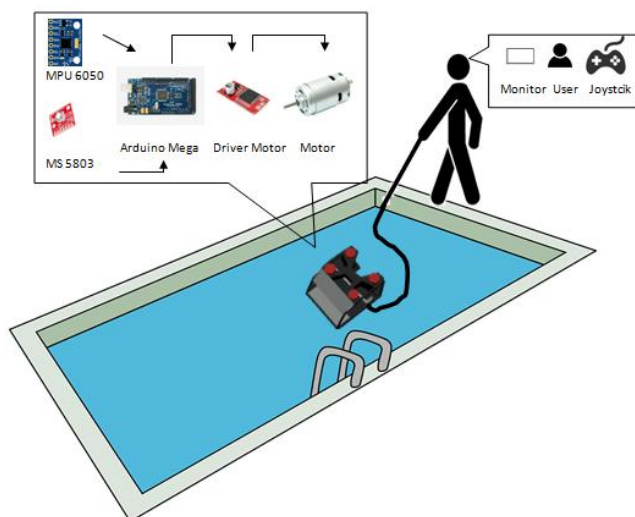
Sistem *stabilizer* ini menggunakan metode pid. Kalibrasi posisi kemiringan robot dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai sudut dari IMU ketika posisi robot tidak miring yang kemudian akan disimpan didalam eeprom. Data yang disimpan dalam eeprom akan digunakan sebagai nilai *setpoint* pid. Sehingga robot dapat mengetahui terjadinya kemiringan. Kemudian keluaran dari pid tersebut akan dikonversikan menjadi nilai pwm untuk mengatur kecepatan putaran motor.

Mekanisme *autodepth* dengan menggunakan *feedback* dari sensor *piezo resistive* untuk mengetahui tekanan. Ketika robot masuk kedalam air, sensor tekanan ini akan mengukur nilai tekanan air, perubahan nilai tekanan ini diproses dengan metode pid. Nilai *setpoint* ditentukan menggunakan remot kontrol. Keluaran dari pid dikonversi menjadi nilai pwm untuk mengatur kecepatan nilai putaran motor. Seluruh nilai pwm yang dihasilkan dari masing masing pid akan dijumlahkan dengan nilai remot kontrol sebelum dilanjutkan ke motor driver.

Pergerakan robot dapat dipantau melalui kamera. Kamera ini nantinya akan dihubungkan atau disambungkan dengan monitor sehingga user dapat mengetahui atau memantau pergerakan robot ( ROV ) di bawah air.



**Gambar 3.1** Integrasi Antar Sistem



**Gambar 3.2** Ilustrasi Sistem

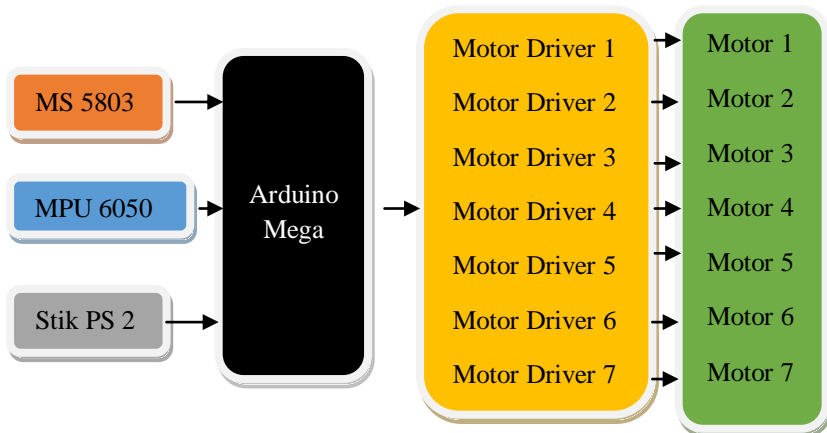
### 3.1 Diagram Blok Sistem

Sistem yang diajukan untuk penelitian tugas akhir ini menggunakan mikrokontroler arduino mega sebagai unit pengolahan data dan pengeksekusi kontrol PID.. Pertama, untuk kondisi bergerak naik-turun sistem diberi masukan berupa *set point* sebesar 0 dan kanan-kiri diberi *set point* sebesar 0. Setelah itu, *set point* tersebut ditambah dengan *feedback* yang berasal dari sensor ms 5803 dan gyro kemudian ditambah dengan nilai dari stik ps 2. Error tersebut dikelolah di dalam sistem kontrol sehingga menghasilkan kecepatan putaran pada motor DC ( $\omega_{UDR}$  dan  $\omega_{UDL}$  untuk motor dc bergerak vertikal,  $\omega_R$  dan  $\omega_L$  untuk motor dc bergerak horisontal).

Untuk kondisi bergerak maju-mundur sistem diberi masukan berupa *set point* sebesar 0 dan maju-mundur diberi *set point* sebesar 0. Setelah itu, *set point* tersebut ditambah dengan *feedback* yang berasal dari sensor MS 5803 juga sensor MPU 6050 dan nilai stik dari stik ps 2.

Sistem ROV ini digerakkan oleh tujuh buah motor DC yang diatur 7 *driver* motor, dimana empat buah motor DC untuk naik dan turun, dua buah motor DC untuk maju dan satu untuk memutar sikat.

Dalam perencanaannya, sistem ini seharusnya dapat mempertahankan posisinya pada saat berada di air dan dapat menyelam hingga ke lantai kolam renang dan membersihkannya.



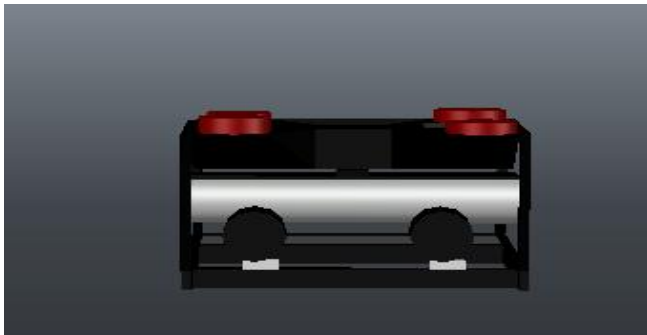
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem

### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

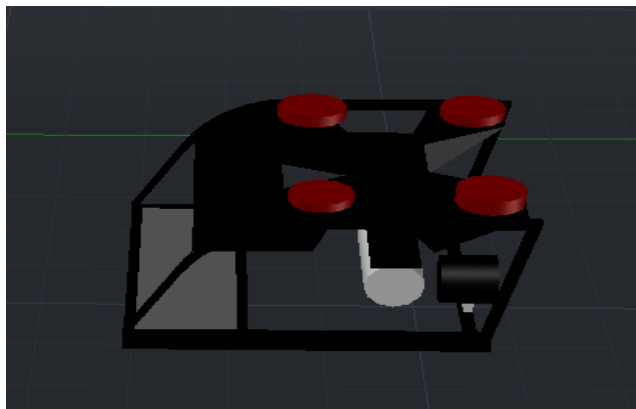
Perangkat keras pada tugas akhir ini antara lain, desain mekanik dan elektronik. Desain mekanik meliputi desain badan utama dan rangka robot. Desain elektronik meliputi peletakan sensor IMU dan tekanan.

#### 3.2.1 Desain Robot ( 30 cm x 28 cm x 25 cm )

Robot ini di desain dengan menggunakan autocad 2017 kemudian di cetak menggunakan 3D printer dan sebagian direalisasikan dengan alumunium.



**Gambar 3.4** ROV tampak belakang



**Gambar 3.5** ROV tampak samping



Menggunakan 4 buah motor untuk pergerakan naik dan turun untuk memaksimalkan gaya tekan ke bawah robot saat menyikat kolam renang. Desain robot akan dibuat agar robot saat dimasukkan kedalam air dalam kondisi tenggelam. Kondisi tenggelam dapat memudahkan dan mempercepat robot untuk membersihkan lantai kolam renang. Untuk dapat membuat robot dalam kondisi tenggelam maka digunakanlah rumus Archimedes dimana dalam kondisi tenggelam, nilai gaya apung ( $F_a$ ) harus lebih kecil disbanding dengan berat benda ( $w$ ).

### 3.2.2 Persamaan Gaya Apung Robot

Gaya apung adalah gaya yang berlawanan arah dengan gravitasi, yang tenggelam dalam fluida. Saat mempengaruhi semua benda yang sebuah benda diletakkan dalam cairan, massa benda menekan fluida (cairan atau gas), sedangkan gaya apung ke atas menekan benda, berperan melawan gravitasi.

$$F_a = M_f \times g$$

$$F_a = \rho_f \times V_{bf} \times g$$

$F_a$  = Gaya Apung

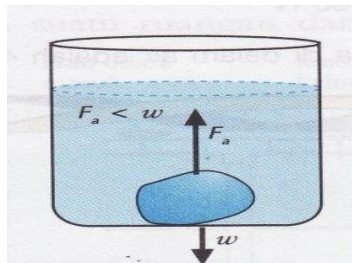
$M_f$  = Massa zat cair yang dipindahkan benda

$g$  = Gravitasi bumi

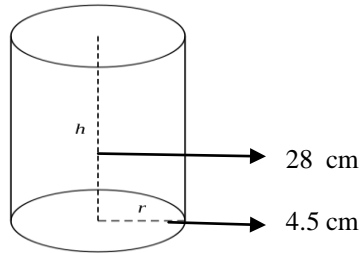
$\rho_f$  = Massa jenis zat cair

$V_{bf}$  = Volume Benda yang Tercelup dalam Zat Cair

Robot menggunakan tabung dengan ukuran jari – jari 4.5 cm dan tinggi 28 cm.



**Gambar 3.6** Hukum Archimedes saat Kondisi Tenggelam<sup>[31]</sup>



**Gambar 3.7** Tabung<sup>[31]</sup>

Menggunakan rumus tabung yaitu :

$$V = \pi r r r t$$

$$\pi = 3.14$$

r = jari – jari tabung

t = tinggi tabung

Berdasarkan rumus pada gambar 3.8 maka volume tabung didapatkan dengan perhitungan  $3.14 \times 4.5 \times 4.5 \times 28 = 1780,38 \text{ cm}^3$ .  $1780,38 \text{ cm}^3$  dikonversi ke  $\text{m}^3$ . Setelah mendapatkan nilai volume maka selanjutnya nilai volume akan dimasukkan ke dalam rumus gaya apung (  $F_a$  ). Berdasarkan gambar 3.6 maka rumus gaya apung yaitu  $F_a = V_t \times \rho \times g$ . Maka nilai gaya apung adalah  $0,00178038 \times 1000 \times 9.8 = 17.447724 \text{ N}$ .

### 3.2.3 Persamaan Berat Robot

Persamaan Berat Robot digunakan untuk mengetahui berat robot (  $W$  ).  $W$  dapat dirumuskan yaitu  $W = m \times g$  dimana  $m$  adalah massa benda dan  $g$  adalah percepatan gravitasi.

$$W = m \times g$$

$W$  = Berat Benda

$m$  = Massa Benda

$g$  = Percepatan Gravitasi

Robot memiliki massa sebesar 4 kg sehingga berdasarkan rumus diatas maka berat robot adalah  $4 \times 10 = 40 \text{ N}$ .

### 3.2.4 Persamaan Robot saat Kondisi Tenggelam

Persamaan robot dalam kondisi tenggelam adalah ketika gaya apung ( $F_a$ ) lebih kecil dibanding berat benda ( $w$ ). Nilai gaya apung ( $F_a$ ) didapatkan sebesar 17.447724 N sedangkan berat benda ( $w$ ) didapatkan sebesar 40 N. Menurut persamaan archimedes yaitu  $F_a < w$  maka persamaan archimedes untuk robot adalah  $17.447724 < 40$ . Dengan persamaan tersebut maka robot akan dapat dikondisikan dalam keadaan tenggelam saat masuk dalam air.

### 3.2.5 Pemodelan Quadrotor

Robot dibuat dengan model quadrotor agar gaya tekan ke bawah menjadi besar sehingga robot saat membersihkan kolam tidak akan bergeser dari posisinya.

Setiap motor pada pergerakan pitch dan roll memiliki momen gaya, momen inersia, dan percepatan sudut. Momen gaya ( $\tau$ ) merupakan sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi, momen inersia adalah ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya sedangkan percepatan sudut ( $\alpha$ ) adalah laju perubahan kecepatan sudut terhadap waktu.<sup>[21]</sup>

Momen gaya dapat dirumuskan menjadi

$$\tau = F \times r \times \sin \theta$$

$\tau$  = Momen Gaya

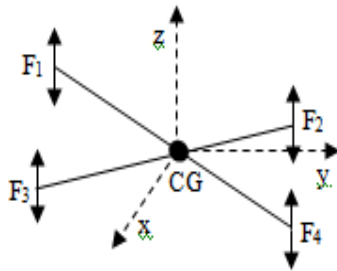
F = Gaya yang Bekerja

r = jari – jari

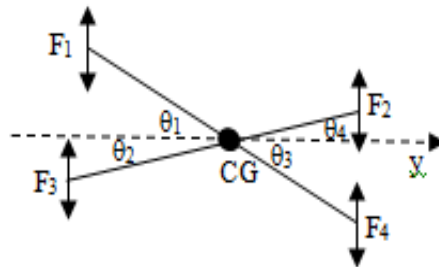
$\theta$  = Sudut antara F dan r

Momenn Inersia dapat dirumuskan menjadi

$$I = \tau / \alpha$$



**Gambar 3.8** Model Matematis Quadrotor



**Gambar 3.9** Model Matematis Rotasi terhadap Sumbu Y

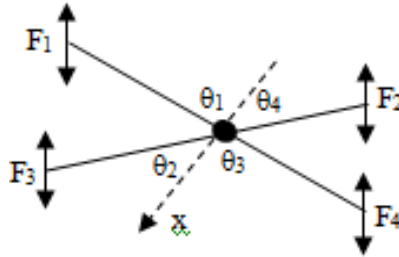
$I$  = Momen Inersia  
 $\tau$  = Momen Gaya  
 $\alpha$  = Percepatan Sudut

Berdasarkan gambar 3.8 diatas maka momen gaya yang bekerja dapat dibagi menjadi 2 yaitu pada sumbu x dan sumbu y.

$$\begin{aligned}
 \tau &= F_{total} \times R \times \sin \theta \\
 \tau &= (F_1 + F_3 - F_2 - F_4)R \sin \theta = I_{yy} \cdot \alpha \\
 \alpha &= \frac{(F_1 + F_3 - F_2 - F_4)R \sin \theta}{I_{yy}}
 \end{aligned}$$

Model matematis rotasi terhadap sumbu y berarti model matematis sumbu pitch. Ketika  $\alpha$  bernilai positif maka robot bagian depan akan lebih rendah daripada bagian belakang

sebaliknya jika ketika  $\alpha$  bernilai negative maka robot bagian belakang akan lebih rendah daripada robot bagian depan.



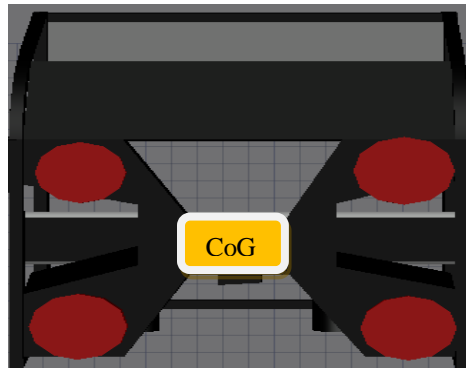
**Gambar 3.10** Model Matematis Rotasi terhadap Sumbu X

$$\tau = F_{total} \times R \times \sin \theta$$

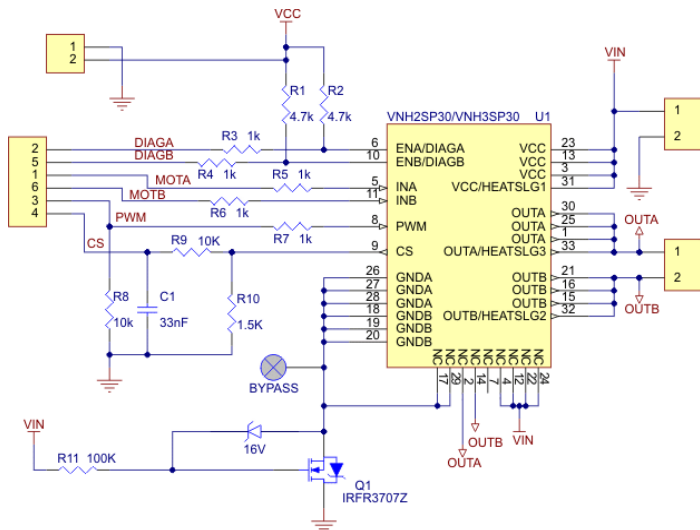
$$(F_1 + F_2 - F_3 - F_4)R \cos \theta = I_{xx} \cdot \alpha$$

$$\alpha = \frac{(F_1 + F_2 - F_3 - F_4)R \cos \theta}{I_{xx}}$$

Model matematis rotasi terhadap sumbu x berarti model matematis sumbu roll. Ketika  $\alpha$  bernilai positif maka robot bagian samping kanan akan lebih rendah daripada bagian kiri sebaliknya jika ketika  $\alpha$  bernilai negative maka robot bagian kiri akan lebih rendah daripada robot bagian kanan



**Gambar 3.11** CoG Robot



**Gambar 3.12** Skematik Driver Motor VN2sp30 <sup>[3]</sup>

### 3.2.6 Driver Motor

*Driver* motor yang digunakan pada tugas akhir ini adalah VN2sp30. Pada gambar 3.7, *driver* motor ini terdapat 1 buah pin PWM. Karena robot ini membutuhkan 7 pwm maka robot ini membutuhkan *driver* motor sebanyak 7 buah. Dua *driver* untuk menggerakkan 2 buah motor yang berguna untuk pergerakan horisontal dan empat *driver* untuk menggerakkan 4 buah motor yang berguna untuk pergerakan vertikal dan satu *driver* untuk memutar sikat.

Tegangan maksimal dari *driver* motor ini sebesar 15 Volt. *Driver* ini membutuhkan tegangan input sebesar 2.7-5.5 Volt. *Driver* ini dapat mengalirkan arus sampai 6 Ampere. Gambar dapat dilihat pada gambar 3.12.

### 3.2.7 Motor Bilge Pump

Motor Bilge Pump yang digunakan di robot ini terdapat 8 buah. 4 motor pergerakan naik dan turun robot. 2

buah motor untuk pergerakan maju, kiri dan kanan robot. 1 buah motor untuk memutar sikat dan 1 motor untuk penyedot. Pergerakan vertikal dan horisontal sistem ROV menggunakan motor DC dengan tegangan 12 Volt. Motor yang dipakai adalah motor bilge pump. Motor bilge pump adalah motor yang *waterproof*. Arah pergerakan motor ditentukan oleh pemberian tegangan DC pada kedua input motor.



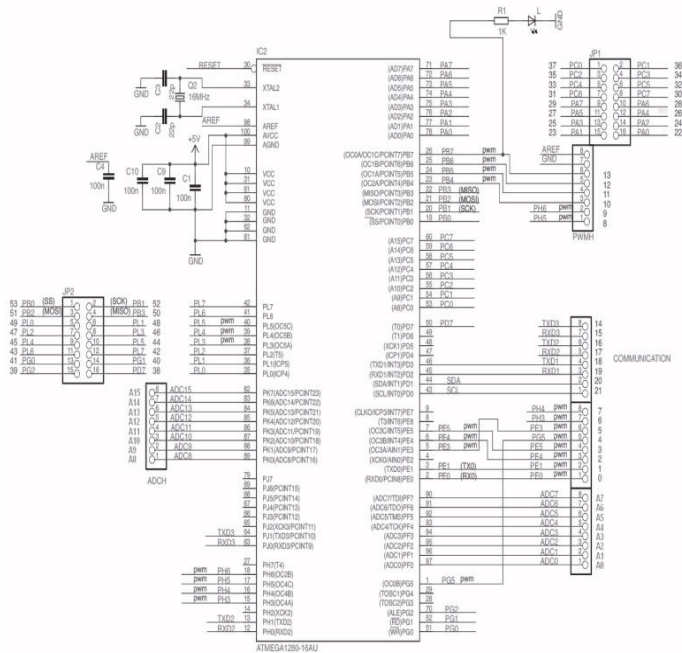
**Gambar 3.13** Motor DC Pergerakan Horisontal



**Gambar 3.14** Motor DC pergerakan vertical

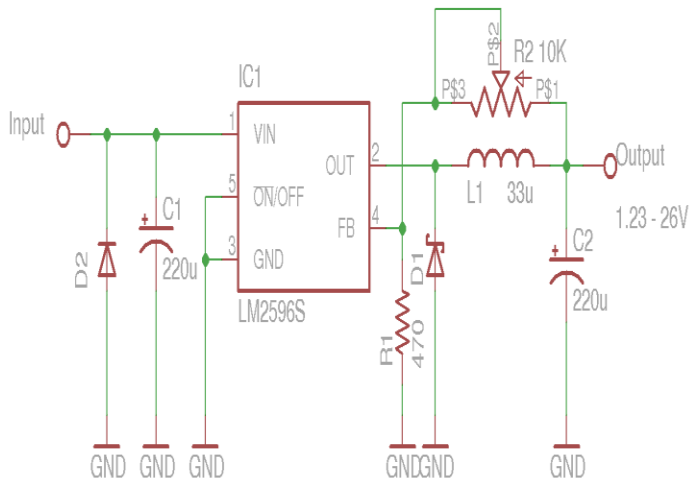
### 3.2.8 Arduino Mega 2560

Pada tugas akhir ini digunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk mengontrol sistem ROV dengan kontrol PID agar ROV berjalan stabil. Dibutuhkan tegangan 5 Volt untuk dapat mengoperasikan mikrokontroler ini. Pada sistem ini dibutuhkan 2 pin SCL dan SDA untuk membaca 2 buah sensor yaitu MPU 6050 dan MS 5803 , 7 output PWM untuk mengontrol 7 buah *driver* motor yaitu pada pin 2, 3, 4, 5, 6, 7. 14 pin untuk direksi driver motr yaitu pada pin 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42,42,43. 4 pin untuk membaca nilai stik PS 2 yaitu pada pin 50, 51, 52, 53.



ARDUINO MEGA PINS SCHEMATIC		
DESIGN: Tom Scuff		
EMAIL: <a href="mailto:scufftom@gmail.com">scufftom@gmail.com</a>		





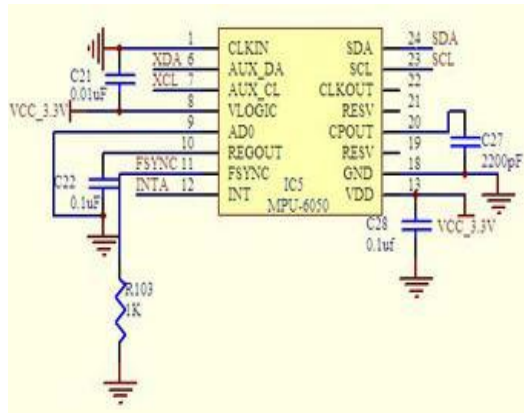
**Gambar 3.16** Rangkaian Buck Converter<sup>[4]</sup>

### 3.2.9 Buck Converter

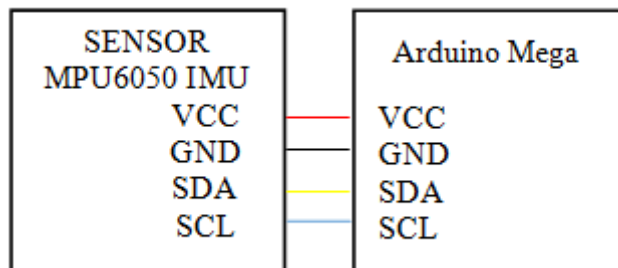
Suplai daya adalah perangkat elektronika yang mensuplai sumber listrik ke perangkat elektronika lainnya. Suplai daya menggunakan baterai lipo 12 volt. Dari 12 volt untuk dapat mensuplai arduino mega maka diperlukanlah sebuah *buck converter*. *Buck converter* merupakan regulator tegangan yang dapat menurunkan 20 volt hingga 0 volt. Untuk robot ini hanya menurunkan 12 volt hingga 5 volt. Gambar dapat dilihat pada gambar 3.16.

### 3.2.10 Sensor MPU 6050

Pada tugas akhir ini sensor MPU 6050 berfungsi untuk mengetahui sudut kemiringan robot sehingga ketika robot mempunyai kemiringan sudut maka robot akan segera menjadi datar atau stabil kembali.



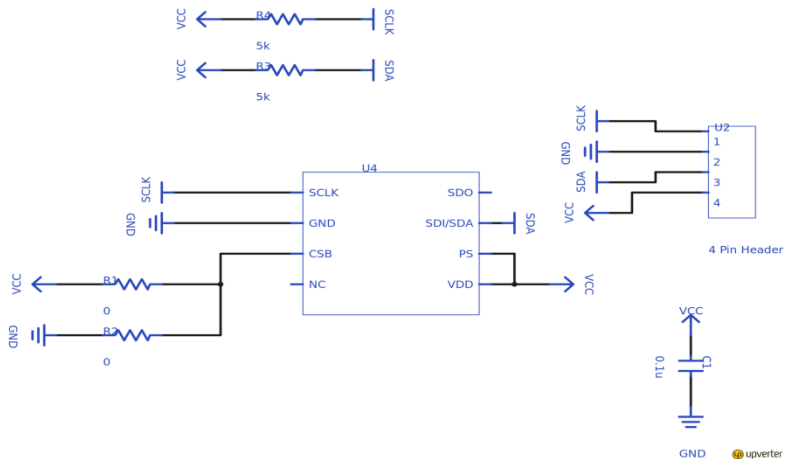
**Gambar 3.17** Rangkaian Skematik MPU 6050<sup>[11]</sup>



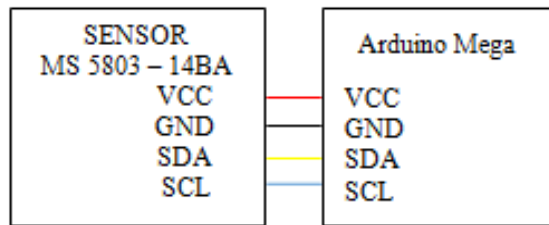
**Ganbar 3.18** Perancangan Sensor MPU 6050

### 3.2.11 Sensor MS 5803

Pada tugas akhir ini, sensor tekanan yang akan digunakan adalah sensor yang dibuat oleh *sparkfun* yaitu MS5803-14BA. Sensor ini mampu mengukur tekanan dari 0 milibar hingga 14.000 milibar. Sensor ini perlu penutup atau *mounting* yang kedap air. Sensor ini digunakan untuk mengetahui posisi robot terhadap kedalaman air, nilai tersebut dijadikan acuan untuk pergerakan naik, turun, dan mempertahankan posisi kedalaman (*Depth-hold*).



**Gambar 3.19** Skematik Sensor MS 5803 -14BA<sup>[14]</sup>



**Gambar 3.20** Perancangan Sensor MS 5803

### 3.3 Perancangan Software

Pada tahap ini, algoritma pemrograman dirancang untuk melakukan beberapa proses yaitu mengenai perancangan akusisi data sensor IMU, sensor tekanan MS 5803 – 15BA dan perancangan gerak robot.

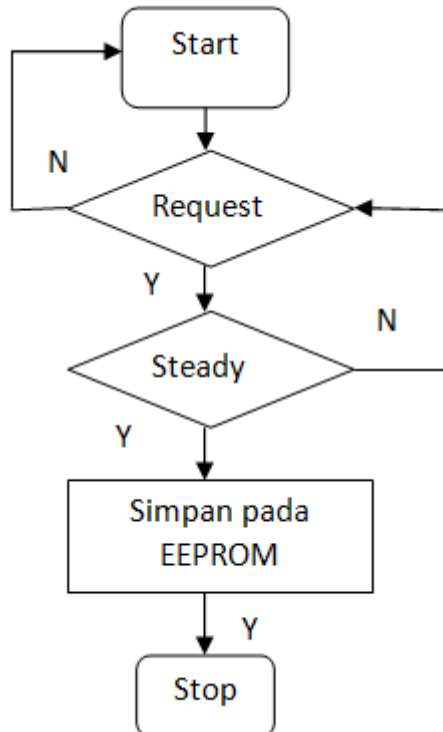
#### 3.3.1 Akusisi data sensor IMU

Akuisisi data sensor IMU menggunakan komunikasi I2C dimana *address* sensor IMU untuk MPU6050 (sensor akselerometer dan sensor giroskop) adalah 0x68 saat *address*

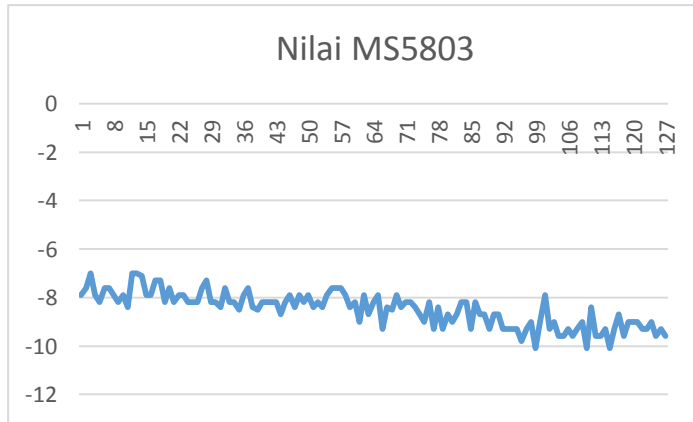
device AD0 =0. (Isfahan University of Technology ROV team.2005)<sup>[8]</sup>

### 3.3.2 Kalibrasi Sensor IMU

Ketika mengakuisisi data giroskop terkadang terdapat kesalahan membaca nilai kemiringan maka diperlukanlah kalibrasi sehingga nilai kemiringan akan berdasarkan nilai *setup*. Kalibrasi dilakukan dengan cara menyimpan nilai tersebut pada EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*).



**Gambar 3.21** Alur Kalirasi Sensor IMU



**Gambar 3.22** Grafik Nilai MS 5803 – 14BA

### 3.3.3 Akusisi data sensor MS 5803 – 14 BA

Akusisi data sensor MS 5803 – 14BA menggunakan komunikasi I2C dengan *address*0x76. Ketelitian sensor + 2 millibar, kemudian nilai sensor dirubah menjadi kedalaman dengan satuan cm dimana tiap satu milibar mewakili satu cm. (S. M. Zanolli, G. Conte.2003)<sup>[9]</sup>. Gambar ditunjukkan pada gambar 3.22.

## 3.4 Kontrol PID

Keluaran kontrol PID dalam tugas akhir ini adalah sinyal PWM yang akan mengontrol jumlah arus yang dihasilkan *driver* motor untuk menggerakkan motor dengan kecepatan yang diinginkan. Perlu dilakukan *tuning* Kp, Ki, dan Kd secara manual, nilai dari masing-masing koefisien tersebut akan membuat respon motor cepat dan meminimumkan timbulnya osilasi. (C. S. Chin, M. W.2005)<sup>[10]</sup>

Implementasi kontrol PID di dalam Tugas Akhir ini berada di Mikrokontroler Arduino Mega 2560. Algoritma yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor untuk bergerak maju dan naik-turun berbeda. Perbedaannya pada tipe kontrol PID, dimana motor untuk kanan-kiri dikontrol untuk *differential* sedangkan untuk atas bawah tidak.

Algoritma dari kontrol PID yang dirancang untuk sistem ini

meliputi pencarian nilai sinyal *error*, dilanjutkan dengan pencarian *integral error* dan nilai *derivative error*. Setelah ketiga nilai didapatkan, perumusan kontrol PID akan memperoleh nilai keluaran PWM.

### 3.4.1 Perancangan Kontrol PID

Kontrol PID digunakan pada sistem *stabilizer (pitch, roll)* dan *depth hold*. *Feedback* yang digunakan adalah sensor IMU MPU 6050 untuk sistem *stabilizer* dan sensor tekanan MS5803 untuk sistem *depth hold*. Pada sistem *stabilizer* nilai *setpoint* pada gerak *roll, pitch* dan *yaw* diambil dari nilai remote kontrol. Pada sistem *depth hold* nilai *setpoint* pada kontrol kedalaman juga diambil dari nilai remot kontrol. Berikut merupakan pola algoritma kontroler PID yang terdiri dari elemen *proportional gain, integral gain, dan derivative gain*. Dalam pola algoritma kontroler PID juga terdapat *error* yang berfungsi sebagai pengontrolan output saat ini dengan output sebelumnya:

$$PD = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Diumpamakan  $PID = U_n$

$$U_n = K_p e_n + K_i \sum e_n n_i = 0 dt + K_d (e_n - e_n - 1dt)$$

Persamaan matematis untuk kontrol *proporsional*:

$$U(t) = K_p \cdot e(t)$$

Dalam laplace menjadi:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

Persamaan matematis untuk kontrol *integral*:

$$U(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (37)$$

Dalam laplace :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

Persamaan matematis untuk kontrol *derivative*:

$$U(t) = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Dalam laplace menjadi:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_d \cdot s$$

Secara umum kontrol PID ditransformasi dalam laplace menjadi:

$$PD = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d \cdot s$$

Masukan ke pengendali PD pada robot dalam tugas akhir ini ada 4 sinyal *error*. Tiga sinyal *error*  $e(t)$  yang mengandung perbedaan sudut roll, pitch dan yaw yang diinginkan dan sudut roll, pitch dan yaw aktual yang diukur dengan *inertial measurement unit* (IMU) dan satu sinyal *error*  $e(t)$  yang mengandung perbedaan nilai kedalaman yang diinginkan dan kedalaman aktual yang diukur dengan sensor tekanan. Untuk nilai  $e(t)$  dari sensor IMU didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$e(t) = \theta_d - \theta$$

Untuk nilai  $e(t)$  dari sensor tekanan didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$e(t) = h_d - h$$

Untuk penggunaan kontrol *proporsional* (P) saja, pergerakan robot mengalami osilasi karena tidak ada yang digunakan untuk mengurangi osilasi pada *closed loop transfer function* yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\frac{\phi(s)}{T(s)} = \frac{G \cdot PD}{1 + G \cdot PD} = \frac{\frac{l}{I_{xx} s^2} K_p}{1 + \frac{l}{I_{xx} s^2} K_p}$$

$$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{G \cdot PD}{1 + G \cdot PD} = \frac{\frac{l}{I_{yy} s^2} K_p}{1 + \frac{l}{I_{yy} s^2} K_p}$$

$$\frac{\varphi(s)}{T(s)} = \frac{G \cdot PD}{1 + G \cdot PD} = \frac{\frac{l}{I_{zz} s^2} K_p}{1 + \frac{l}{I_{zz} s^2} K_p}$$

$$\frac{h(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{-m.g + F_a}{ms^2} K_p}{1 + \frac{-m.g + F_a}{ms^2} K_p}$$

Untuk responnya yang masih berosilasi, maka perlu ditambahkan kontrol *derivative* menjadi kontrol *proporsional derivative* (PD) untuk membuat robot menjadi stabil tanpa osilasi. Dengan menambahkan nilai  $K_d$ , maka *transfer function* menjadi sebagai berikut.

$$\frac{\phi(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{l}{I_{xx}s^2} K_p + K_d \cdot s}{1 + \frac{l}{I_{xx}s^2} K_p + K_d \cdot s}$$

$$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{l}{I_{yy}s^2} K_p + K_d \cdot s}{1 + \frac{l}{I_{yy}s^2} K_p + K_d \cdot s}$$

$$\frac{\varphi(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{l}{I_{zz}s^2} K_p + K_d \cdot s}{1 + \frac{l}{I_{zz}s^2} K_p + K_d \cdot s}$$

$$\frac{h(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{-m.g + F_a}{ms^2} K_p + K_d \cdot s}{1 + \frac{-m.g + F_a}{ms^2} K_p + K_d \cdot s}$$

Untuk perancangan kontrol PD sudah bisa digunakan untuk menstabilkan robot. Karena robot memerlukan pergerakan dalam kecepatan tinggi untuk melawan kondisi di dalam air, sehingga robot memerlukan *response time* sekecil mungkin dan dilakukan dengan menambahkan kontrol *integral*. Berikut hasil *transfer function* setelah penambahan kontrol *integral*.



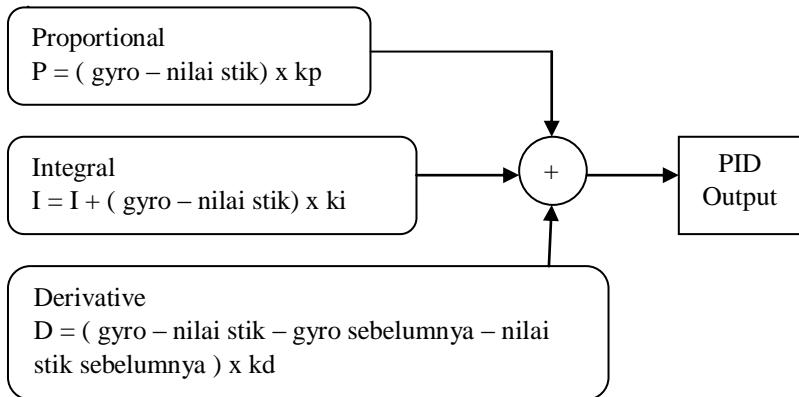
$$\frac{\phi(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{l}{I_{xx}s^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}{1 + \frac{l}{I_{xx}s^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}$$

$$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{l}{I_{yy}s^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}{1 + \frac{l}{I_{yy}s^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}$$

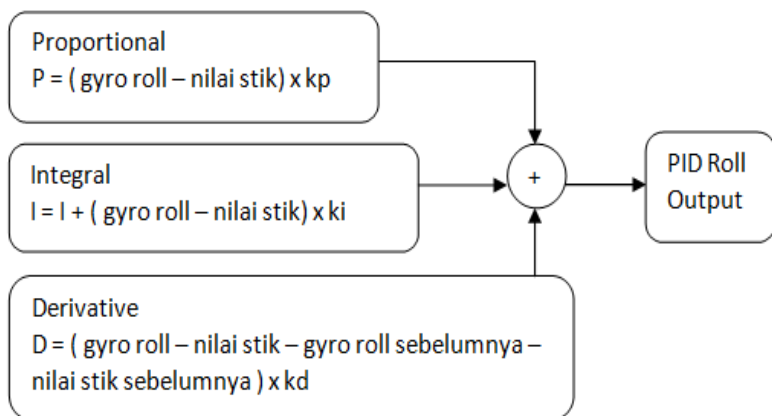
$$\frac{\varphi(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{l}{I_{zz}s^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}{1 + \frac{l}{I_{zz}s^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}$$

$$\frac{h(s)}{T(s)} = \frac{G.PD}{1 + G.PD} = \frac{\frac{-m \cdot g + F_a}{ms^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}{1 + \frac{-m \cdot g + F_a}{ms^2}K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s}}$$

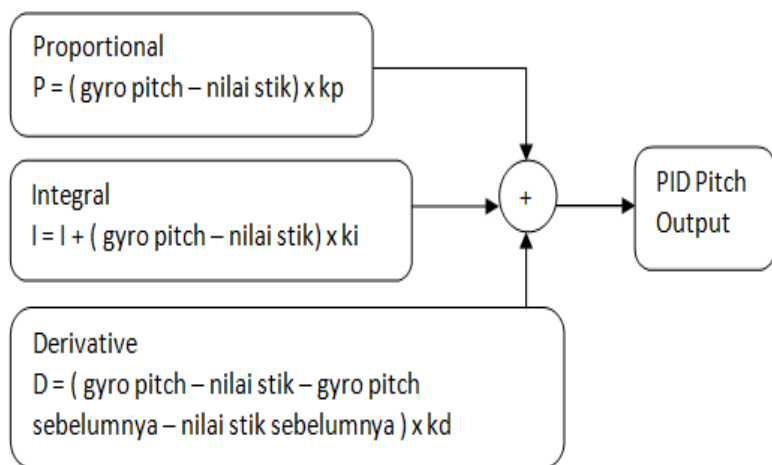
Untuk diagram blok dari sistem kontrol PID yang digunakan pada robot dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar dibawah.



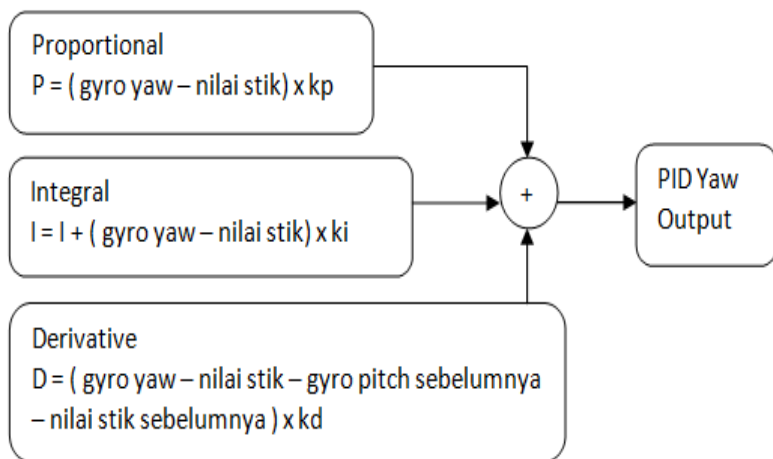
**Gambar 3.23** Blok Diagram PID



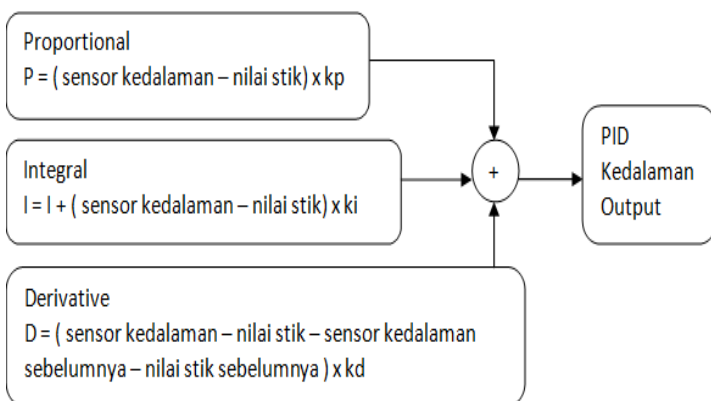
**Gambar 3.24** Blok Diagram PID Roll



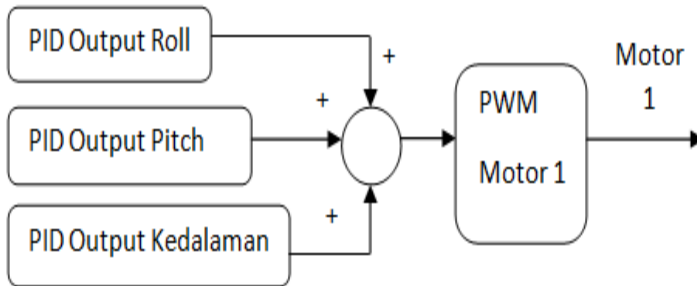
**Gambar 3.25** Blok Diagram PID Pitch



**Gambar 3.26** Blok Diagram PID Yaw



**Gambar 3.27** Blok Diagram PID Kedalaman

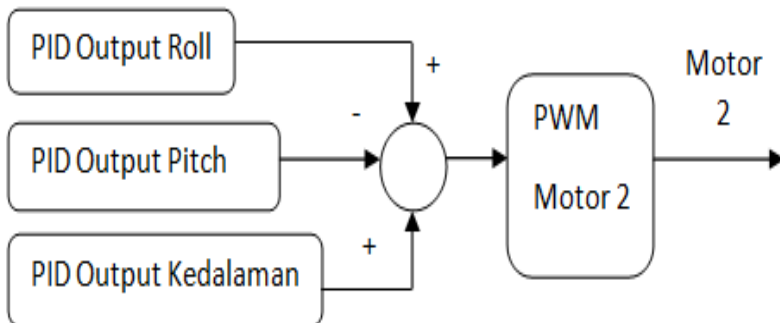


**Gambar 3.28** Blok Diagram PID Motor 1

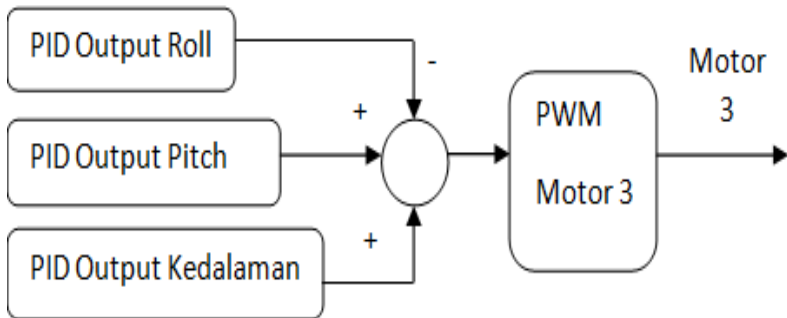
### 3.4.2 Perancangan Pergerakan Robot

Pergerakan robot berdasarkan motor sedangkan motor bergerak berdasarkan PWM yang dihitung dengan kontrol PID.

PWM motor 1 didapatkan dengan nilai penjumlahan dari PID output roll dengan PID output pitch dan PID output kedalaman ( PID output roll + PID output pitch + PID output kedalaman ). Gambar ditunjukkan pada gambar 3.28.



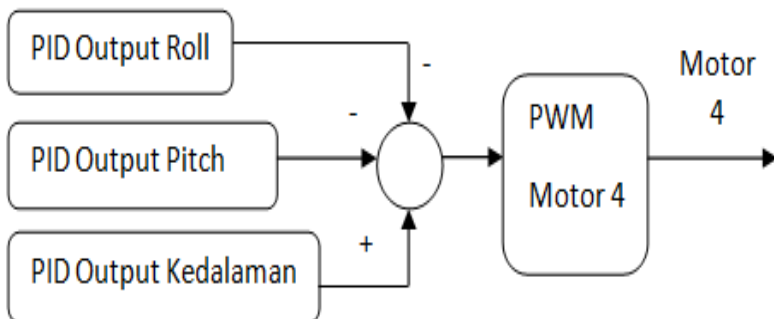
**Gambar 3.29** Blok Diagram PID Motor 2



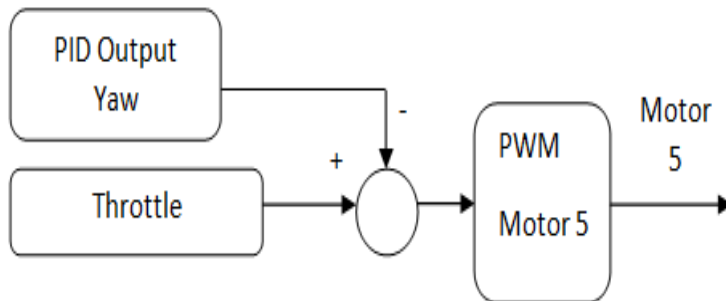
**Gambar 3.30** Blok Diagram Motor 3

PWM motor 2 didapatkan dengan nilai pengurangan dari PID output roll dengan PID output pitch dan dengan pertambahan PID output kedalaman ( PID output roll - PID output pitch + PID output kedalaman ).

PWM motor 3 didapatkan dengan nilai penjumlahan dari PID output kedalaman dengan PID output pitch dan dengan pengurangan PID output roll ( - PID output roll + PID output pitch + PID output kedalaman ).



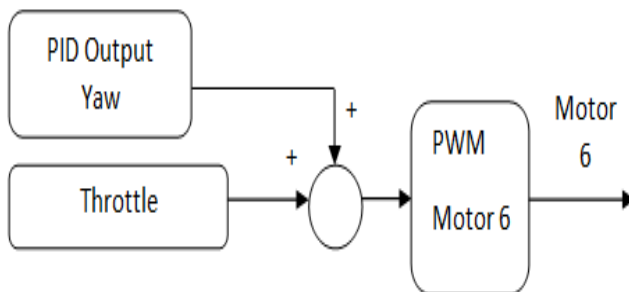
**Gambar 3.31** Blok Diagram Motor 4



**Gambar 3.32** Blok Diagram Motor 5

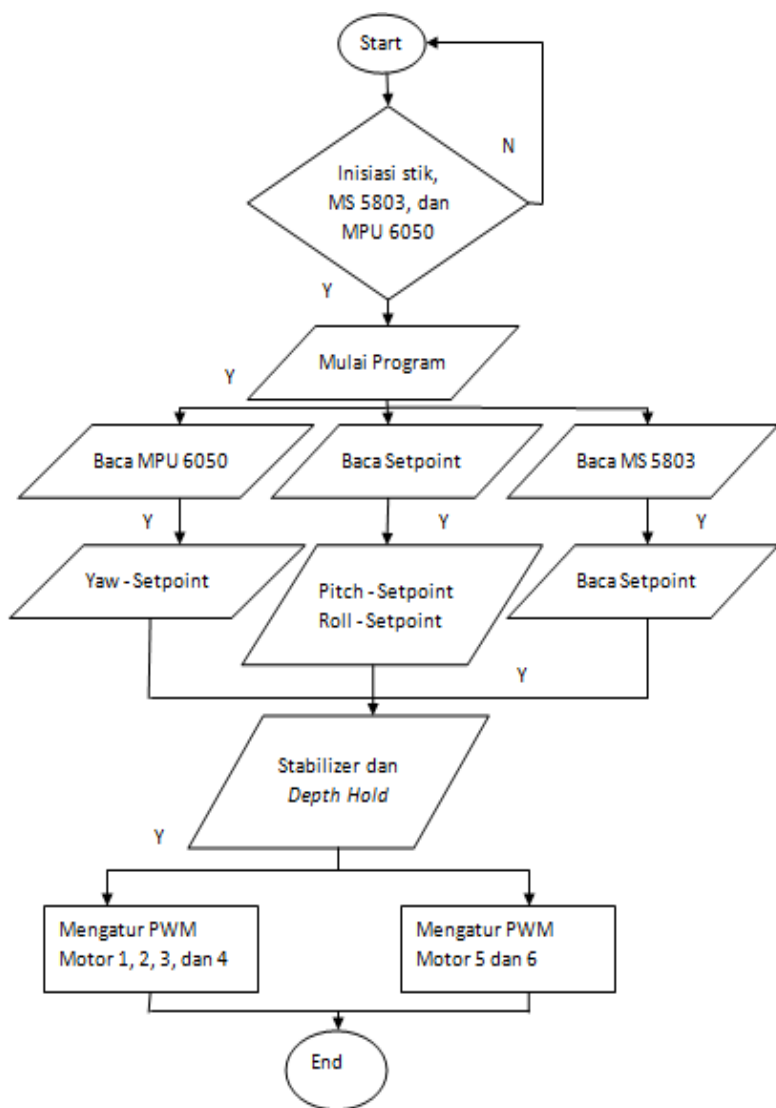
PWM motor 4 didapatkan dengan nilai pengurangan dari PID output kedalaman dengan PID output pitch dan dengan pengurangan PID output roll ( - PID output roll - PID output pitch + PID output kedalaman ).

PWM motor 5 didapatkan dengan nilai pengurangan dari PID output yaw dengan throttle ( Throttle - PID output yaw ).

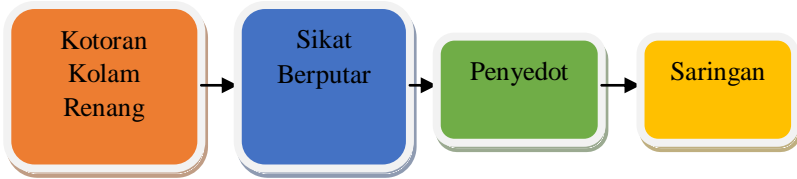


**Gambar 3.33** Blok Diagram Motor 6

PWM motor 6 didapatkan dengan nilai pengurangan dari PID output yaw dengan throttle ( Throttle + PID output yaw ).



**Gambar 3.34** Flowchart Kontrol PID



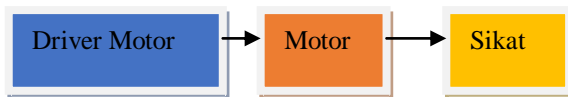
**Gambar 3.35** Blok Diagram Pembersih

### 3.5 Perancangan Pembersih

Pembersihan dasar lantai kolam renang dilakukan dengan cara menjalankan robot di area lantai kolam renanag yang kotor kemudian robot akan menyikat dengan sikat yang berputar 360 derajat terus menerus kemudian kotoran yang telah disikat akan disedot melalui motor bilge pump yang kemudian hasil keluaran dari penyedot akan disaring agar kotoran menempel di saringan dan tidak keluar kembali ke dalam air kolam renang sehingga air tersebut tidak kotor kembali dan menjadi bersih. Blok diagram ditunjukkan pada gambar 3.36.

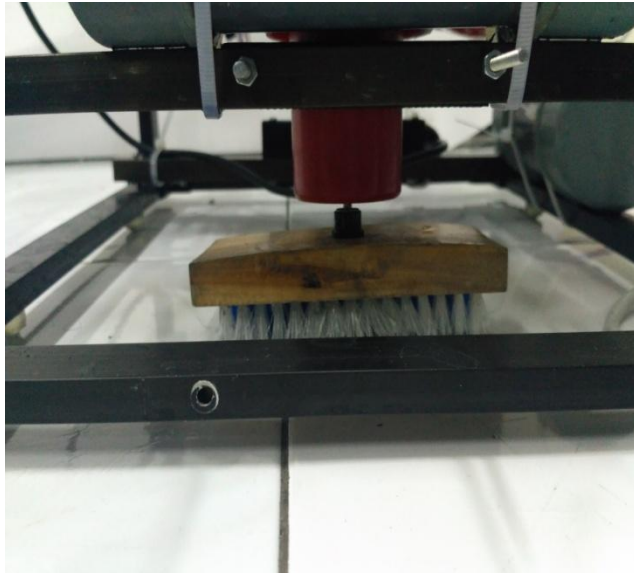
#### 3.5.1 Perancangan Sikat

Sikat yang digunakan adalah sikat yang dikhususkan untuk menyikat lantai sehingga dengan sikat ini dapat digunakan juga untuk menyikat lantai kolam renang. Sikat akan di pasang di motor bilge pump. Kecepatan sikat bergantung pada kecepatan motor bilge pump. Kecepatan motor bilge pump berdasarkan PWM yang terdapat pada driver motor.



**Gambar 3.36** Blok Diagram Sikat





**Gambar 3.37** Sikat pada Robot

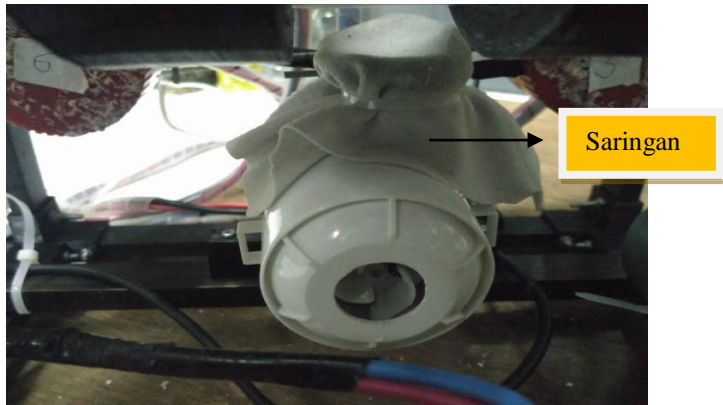
Gambar diatas adalah gambar motor yang telah dipasang sikat.

### 3.5.2 Perancangan Penyedot

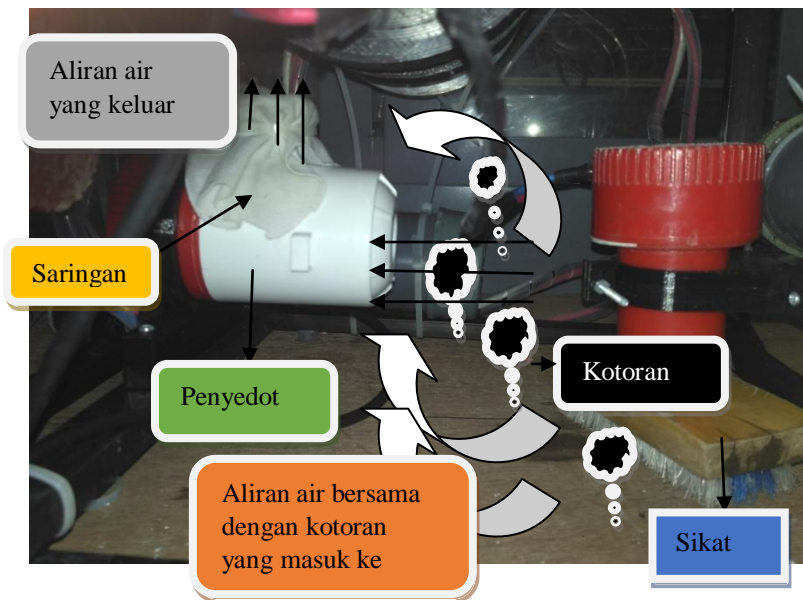
Motor bilge pump berputar sehingga akan menyedot kotoran dan air. Kemudian kotoran dan air tersebut dialirkan ke saringan. Saringan ini nantinya akan memisahkan antara kotoran dan air sehingga air yang kembali keluar akan bersih.



**Gambar 3.38** Blok Diagram Penyedot



**Gambar 3.39** Penyedot



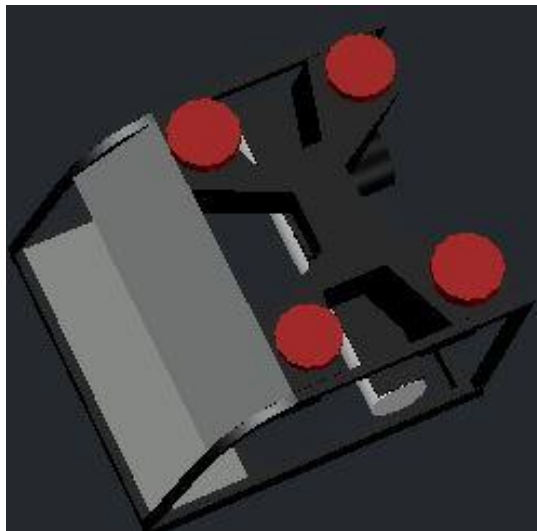
**Gambar 3.40** Ilustrasi Mekanisme Pembersih

Dari gambar diatas bahwa sikat yang berputar akan membuat kotoran terangkat kemudian akan disedot oleh penyedot dan kemudian akan disaring sehingga air yang keluar akan bersih.

### 3.6 Spesifikasi Robot

Dimensi Robot	30 x 28 x 25
Jumlah Motor	8 buah
Input Tegangan	12 Volt
Jarak Kendali	0 – 10 meter
Kedalaman Maksimum	13 meter
Berat	4 kg

**Tabel 1** Spesifikasi Robot



**Gambar 3.41** Bentuk Robot

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA**

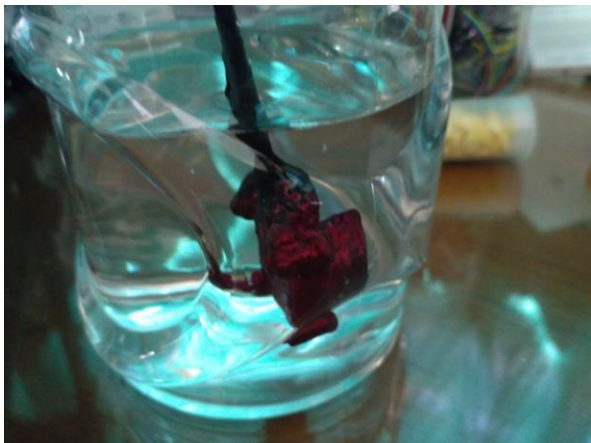
Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dari sistem yang telah dirancang. Bab ini bertujuan untuk mengetahui apakah tujuan dalam perancangan sistem pada tugas akhir ini telah terlaksana atau tidak. Pengujian pada bab ini terdiri dari pengujian sensor *MS 5803* dan pengujian kontrol PID.

#### **4.1 Pengujian Sensor MS 5803**

Pengujian sensor MS 5803 dilakukan untuk mengetahui besar error dari sensor MS 5803. Pengujian dilakukan dengan 3 tahap, pertama diujikan sensor agar kedap air , setelah itu melakukan konversi dari tekanan ke kedalaman, dan diujikan kembali di air.

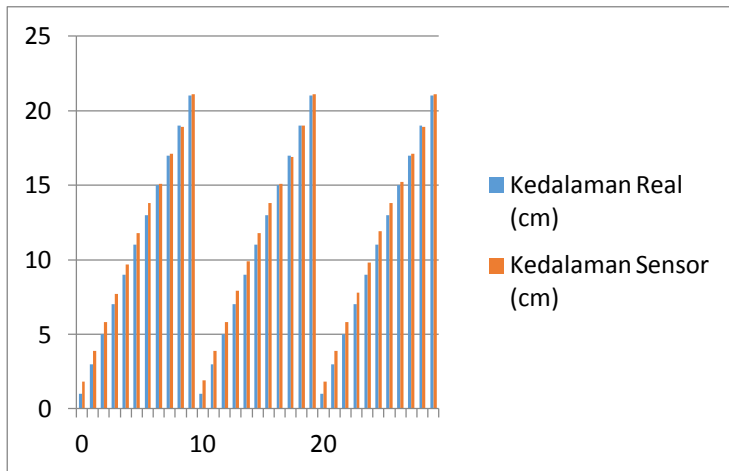
##### **4.1.1 Pengujian di dalam Air**

Pada tahap ini dilakukan uji coba pengukuran sensor yang sudah dibuat kedap di dalam air. Pada gambar 4.1.2, dapat dilihat sensor masih bisa membaca tekanan dan kedalaman air.

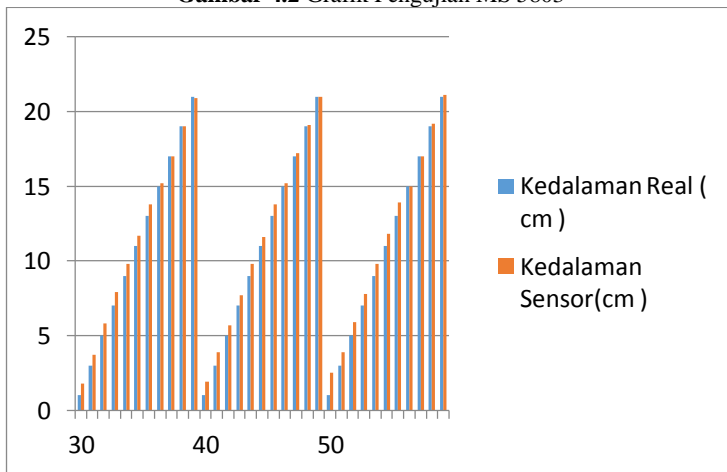


**Gambar 4.1 Uji Coba Sensor di dalam Air**

Dari pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :



**Gambar 4.2** Grafik Pengujian MS 5803



**Gambar 4.3** Grafik Pengujian MS 5803

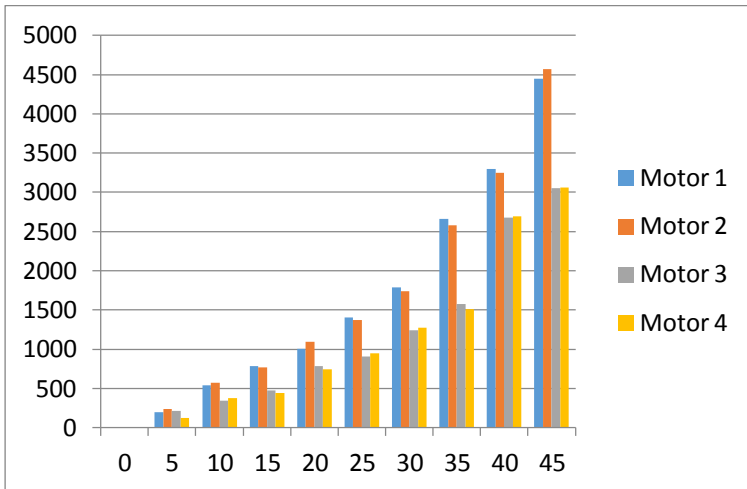
Dari grafik diatas didapatkan kesimpulan bahwa sensor MS 5803 memiliki error sebesar 1 - 2 cm.

## 4.2 Pengujian Menggunakan Tachometer

Pengujian Kontrol PID dengan sensor MPU 6050 dimana memiliki 3 axis. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah robot dapat bergerak dengan seimbang. Pengujian dilakukan di dalam akuarium . PID di masukkan nilai  $K_{p_{roll}} = 1.3$ ,  $K_{i_{roll}} = 2$ ,  $K_{d_{roll}} = 0.2$ ,  $K_{p_{pitch}} = 1.3$ ,  $K_{i_{pitch}} = 2$ ,  $K_{d_{pitch}} = 0.2$ .

### 4.2.1 Pengujian Kontrol Roll PID

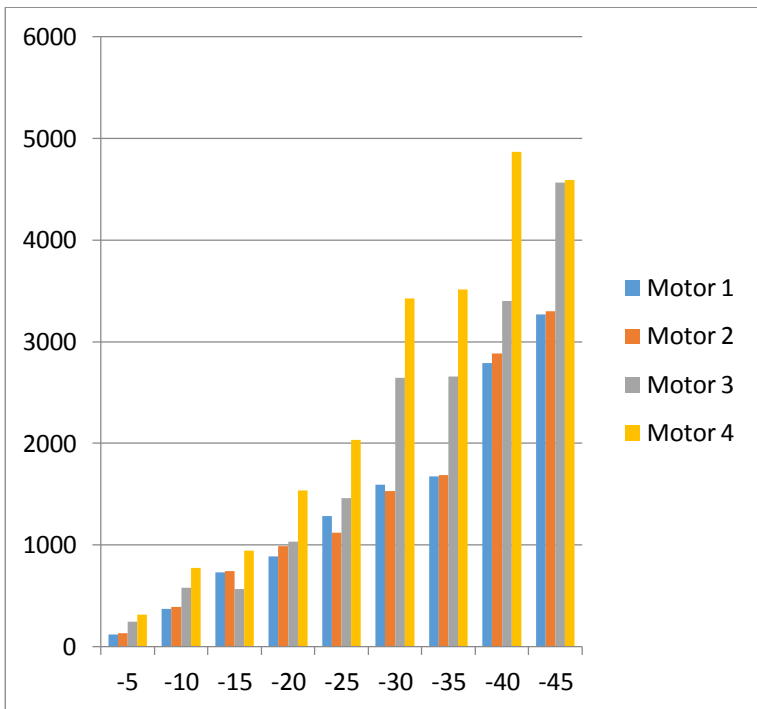
Pengujian kontrol roll pid dilakukan untuk mengetahui respon motor ketika robot dalam keadaan posisi roll. Pengukuran dilakukan menggunakan tachometer agar mendapatkan nilai RPM. Nilai RPM untuk mengetahui ketika keadaan roll motor mana yang akan bergerak lebih cepat dan motor mana yang akan bergerak lebih lambat. Hasil pengujian sebagai berikut :



**Gambar 4.4** Hasil roll yang diukur ketika sudut kemiringan positif

Dari data grafik di atas didapatkan hasil bahwa ketika sudut kemiringan positif maka semakin besar sudut roll maka semakin besar pula RPM motor 1 dan motor 2. Berbeda dengan motor 3 dan motor 4 bahwa besar sudut berbanding terbalik dengan RPM. Hal ini dikarenakan motor 1 dan motor 2 berada di posisi lebih rendah dibanding motor 3 dan motor 4.

Motor 1 dan motor 2 menjadi lebih besar RPM untuk membuat robot berusaha menjadi stabil kembali atau pada sudut kemiringan 0 derajat.



**Gambar 4.5** Hasil roll yang diukur ketika sudut kemiringan negatif

Dari data grafik di atas didapatkan hasil bahwa ketika sudut kemiringan negatif maka semakin besar sudut roll maka semakin besar pula RPM motor 3 dan motor 4. Berbeda

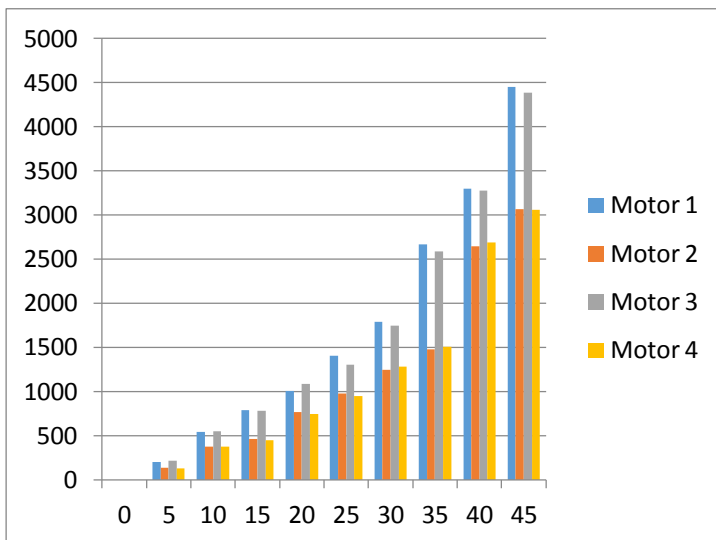


dengan motor 1 dan motor 2 bahwa besar sudut berbanding terbalik dengan RPM. Hal ini dikarenakan motor 3 dan motor 4 berada di posisi lebih rendah disbanding motor 1 dan motor 2.

Motor 1 dan motor 2 menjadi lebih besar RPM untuk membuat robot berusaha menjadi stabil kembali atau pada sudut kemiringan 0 derajat.

#### 4.2.2 Pengujian Kontrol Pitch PID

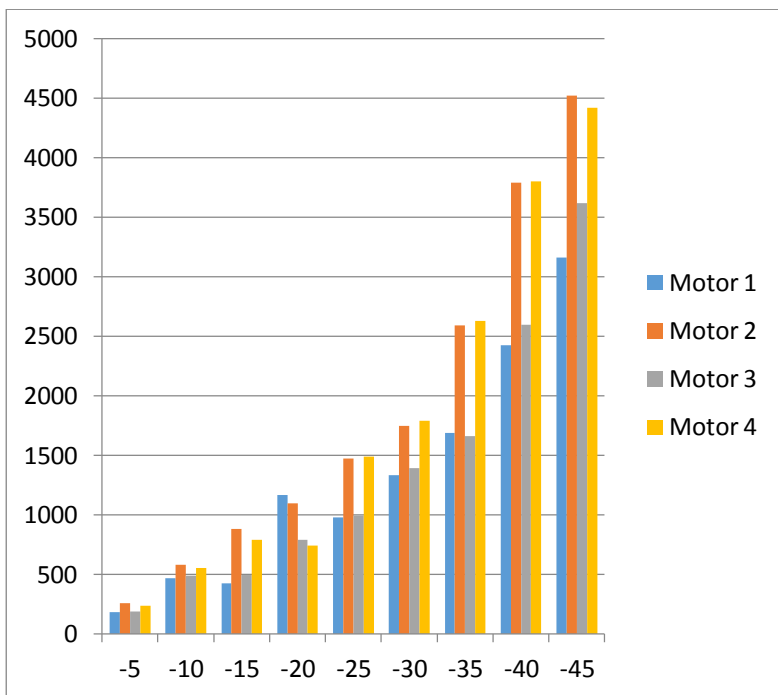
Pengujian kontrol pitch pid dilakukan untuk mengetahui respon motor ketika robot dalam keadaan posisi pitch . Pengukurandilakukan menggunakan tachometer agar mendapatkan nilai RPM. Nilai RPM untuk mengetahui ketika keadaan roll motor mana yang akan bergerak lebih cepat dan motor mana yang akan bergerak lebih lambat. Hasil pengujian sebagai berikut :



**Gambar 4.6** Hasil Pitch ketika Sudut Kemiringan Positif

Dari data grafik di atas didapatkan hasil bahwa ketika sudut positif maka semakin besar sudut roll maka semakin besar pula RPM motor 1 dan motor 3. Berbeda dengan motor 3 dan motor 4 bahwa besar sudut berbanding terbalik dengan RPM. Hal ini dikarenakan motor 1 dan motor 3 berada di posisi lebih rendah disbanding motor 2 dan motor 4.

Motor 1 dan motor 3 menjadi lebih besar RPM untuk membuat robot berusaha menjadi stabil kembali atau pada sudut kemiringan 0 derajat.



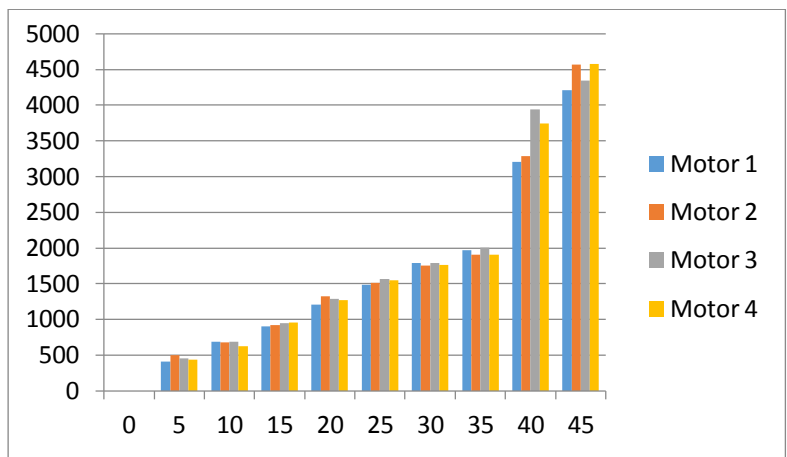
**Gambar 4.7** Hasil Pitch ketika Sudut Kemiringan Negatif

Dari data grafik di atas didapatkan hasil bahwa ketika sudut negatif maka semakin besar sudut roll maka semakin besar pula RPM motor 2 dan motor 4. Berbeda dengan motor 1 dan motor 3 bahwa besar sudut berbanding terbalik dengan RPM. Hal ini dikarenakan motor 2 dan motor 4 berada di posisi lebih rendah disbanding motor 1 dan motor 3.

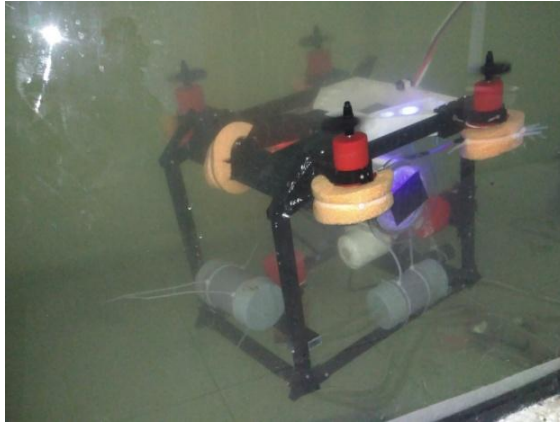
Motor 2 dan motor 4 menjadi lebih besar RPM untuk membuat robot berusaha menjadi stabil kembali atau pada sudut kemiringan 0 derajat.

### 4.2.3 Pengujian Kontrol Kedalaman

Dari data hasil tabel diatas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar nilai error semakin besar nilai RPM motor 1, motor 2, motor 3, motor 4. Nilai error berbanding lurus dengan nilai RPM.



**Gambar 4.8** Hasil pengujian depth dengan tachometer



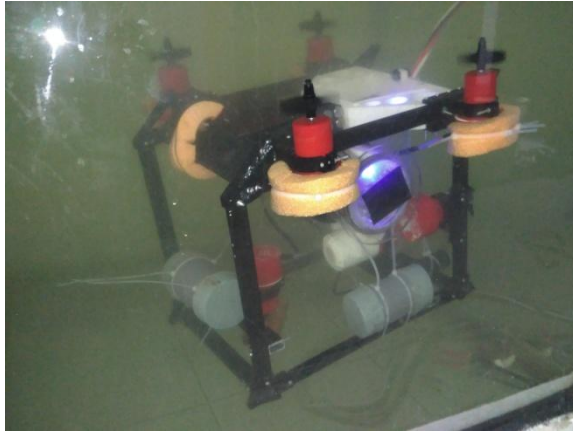
**Gambar 4.9** Robot saat melakukan kondisi kontrol kedalaman

#### 4.3 Pengujian Kontrol Kedalaman

Pengujian *depth-hold* dilakukan untuk mengetahui apakah robot dapat mempertahankan posisi kedalamannya. Pengujian dilakukan dengan memasukkan robot ke dalam kolam. Pertama – tama robot akan menyelam hingga ke kedalaman tertentu kemudian dari permukaan akan didorong hingga robot tertekan kebawah dan robot akan kembali bergerak hingga mencapai ke kedalaman semula Metode yang digunakan menggunakan PID kedalaman dengan nilai  $K_p = 4$ ,  $K_i = 2$ ,  $K_d = 0.2$ . Gambar pengujian ditunjukkan pada gambar 4.9. Pada pengujian ini robot berhasil melakukan kontrol kedalaman dengan baik.

#### 4.4 Pengujian Kestabilan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah robot dapat kembali ke posisi semula atau seimbang saat diberikan sebuah gangguan. .Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan robot ke dalam air dan kemudian robot akan diberikan dorongan di beberapa sisi hingga tertekan terbawah atau hingga terdapat kemiringan dan kemudian robot akan kembali ke posisi stabil. Metode ini menggunakan metode PID dengan  $K_{p_{roll}} = 1.3$ ,  $K_{i_{roll}} = 2$ ,  $K_{d_{roll}} = 1$ ,  $K_{p_{pitch}} = 1.3$ ,  $K_{i_{pitch}} = 2$ ,  $K_{d_{pitch}} = 1$ ,  $K_{p_{yaw}} = 4$ ,  $K_{i_{yaw}} = 2$ ,  $K_{d_{yaw}} = 1$ ,  $K_{p_{kedalaman}} = 4$ ,  $K_{i_{kedalaman}} = 2$ ,  $K_{d_{kedalaman}} = 1$ . Pada pengujian ini robot berhasil melakukan kontrol kedalaman dengan baik



**Gambar 4.10** Pengujian Kestabilan

#### 4.5 Pengujian Menyikat Kolam

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah robot dapat menyikat kolam dengan baik. Pengujian dilakukan dengan sikat yang telah dipasang di motor yang berputar 360 derajat. Motor berputar dengan pwm 150. Kotoran berupa lumpur dan kemudian dioleskan ke dalam dasar kolam.



**Gambar 4.11** Robot akan membersihkan kotoran



**Gambar 4.12** Sikat robot berputar 360 derajat diatas kotor



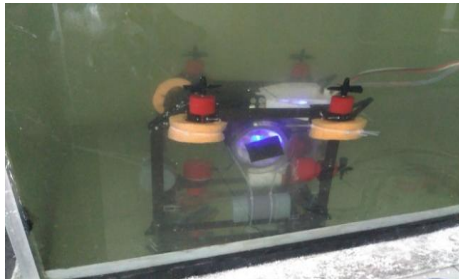
**Gambar 4.13** Kotoran telah terangkat dari lantai setelah disikat

Pada pengujian ini robot dapat menyikat dengan baik ketika aktuator sikat diberi PWM sebesar 150 . PWM sebesar 150 dapat memutar dengan baik aktuator sikat dan jika PWM berlebih maka akan dapat mengganggu pergerakan robot.

#### **4.6 Pengujian Penyedot**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah robot dapat menyedot kotoran dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memasukkan kotoran ke dalam kolam dan kemudian sikat akan diatur kecepatannya melalui PWM. Pengujian dilakukan dengan memutar sikat 360 derajat dan menyalakan penyedot. Penyedot menggunakan motor pompa yaitu bilge pump. Pengujian ini dilakukan dalam akuarium. Pengujian dikatakan bersih ketika kotoran telah terangkat oleh sikat dan kemudian kotoran tersebut menempel pada saringan.

Tingkat keberhasilan dilakukan dengan tolak ukur kotoran telah terangkat dan tidak menempel kembali kemudian penyedot dapat menyedot kotoran dan dikeluarkan melalui saringan sehingga kotoran akan menempel pada saringan.



**Gambar 4.14** Robot saat Menyedot



**Gambar 4.15** Kondisi Saringan saat setelah Menyedot



**Gambar 4.16** Kotoran yang Menempel pada Saringan

Kecepatan Sikat ( Penyedot Menyala )	Tingkat Kebersihan
0	Tidak Bersih
50	Tidak Bersih
100	Bersih dan Kotoran Menempel Sedikit
150	Bersih dan Kotoran Menempel Banyak
200	Bersih dan Kotoran Menempel Banyak

**Tabel 2** Tingkat Kebersihan Sikat pada Kecepatan Tertentu

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat kebersihan penyedot bergantung pada kecepatan sikat. Semakin besar kecepatan sikat maka kotoran yang masuk kedalam penyedot semakin banyak sehingga kotoran akan menempel lebih banyak di saringan.





**Gambar 4.17** Hasil Saringan dengan Kecepatan 0 dan 50



**Gambar 4.18** Hasil Saringan dengan Kecepatan 100



**Gambar 4.19** Hasil Saringan dengan Kecepatan 150



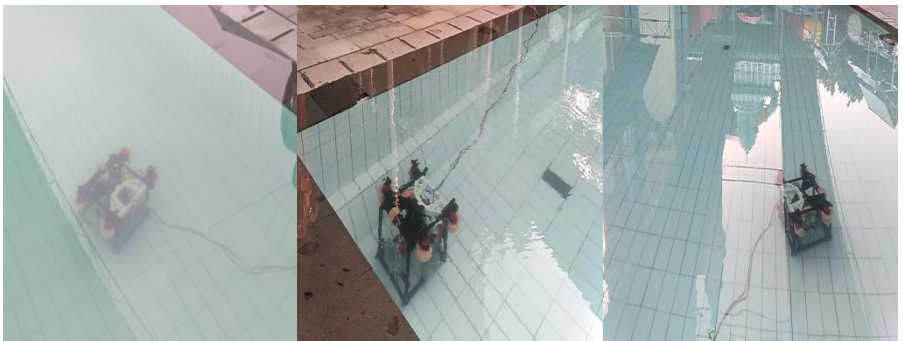
**Gambar 4.20** Hasil Saringan dengan Kecepatan 200

#### 4.7 Pengujian di Kolam Renang

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat bagaimana robot bekerja di dalam kolam renang. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sikat yang berputar dan juga penyedot. Pengujian dilakukan dengan bergerak mengelilingi kolam renang. Tiap pengujian dilakukan pergantian saringan. Pengujian ini dilaksanakan di kolam renang kenjeran dengan dimensi 15m x 20m x 1m. Pengujian dilakukan tiga kali tiap hari di jam 06.30 sebelum petugas kebersihan membersihkan kolam renang sehingga kolam renang masih dalam keadaan kotor. Pengujian dilaksanakan pada tanggal 22 – 24 Juli 2017.



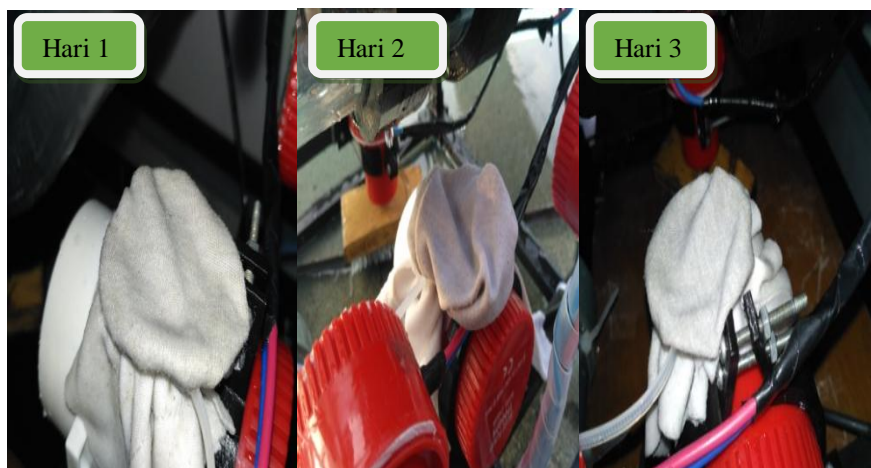
**Gambar 4.21** Tempat Pengujian di Kolam Renang



**Gambar 4.22** Robot saat Membersihkan Kolam Renang



**Gambar 4.23** Kotoran yang Menempel pada Saringan



**Gambar 4.24** Kotoran Menempel pada Saringan



**Gambar 4.25** Kondisi Saringan Pada Hari Pertama ( 22 Juli 2017 )



**Gambar 4.26** Kondisi Saringan Pada Hari Kedua ( 23 Juli 2017 )



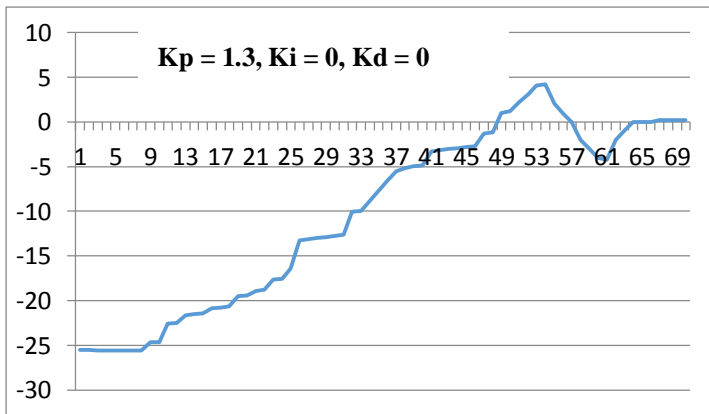
**Gambar 4.27** Kondisi Saringan Pada Hari Ketiga ( 24 Juli 2017 )

Hasil pengujian didapatkan bahwa kotoran dapat disedot dan disaring walaupun intensitas kotoran terbilang sedikit. Intensitas kotoran sedikit dikarenakan kondisi kolam renang sebelum dibersihkan sudah terbilang bersih sehingga kotoran yang menempel pada saringan sedikit.

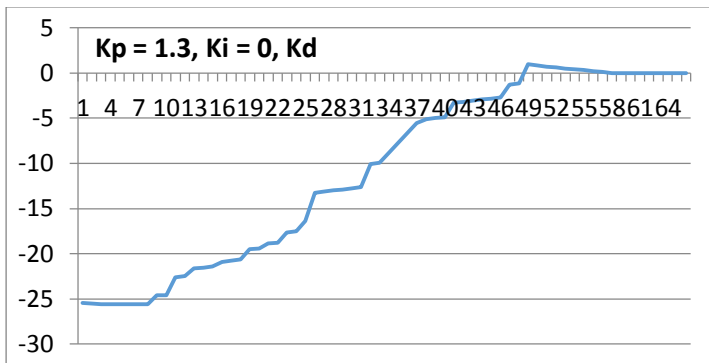
#### **4.8 Pengujian Respon Pengendalian Sistem`**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui respon dari pengaruh nilai PID pada pengendalian sistem untuk dapat kembali ke posisi semula. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan robot ke dalam kolam kemudian mengambil data robot ketika bergerak menggunakan serial monitor.

Pengujian dilakukan dengan tiga tahap. Tahap pertama dilakukan dengan memasukkan nilai Kp saja. Tahap kedua dilakukan dengan memasukkan nilai Kp dan Kd. Tahap ketiga dilakukan dengan memasukkan nilai Kp, Ki dan Kd.



**Gambar 4.28** Grafik saat  $K_p = 1.3, K_i = 0, K_d = 0$

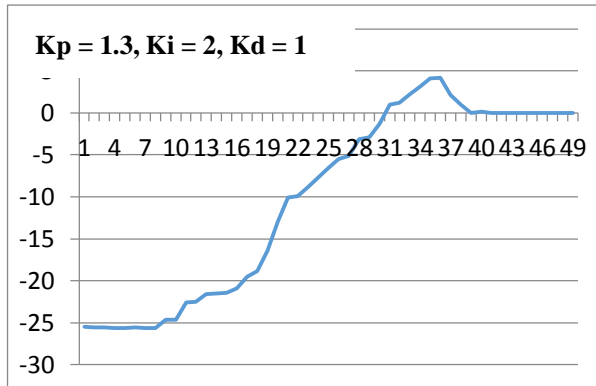


**Gambar 4.29** Grafik saat  $K_p = 1.3, K_i = 0, K_d = 1$

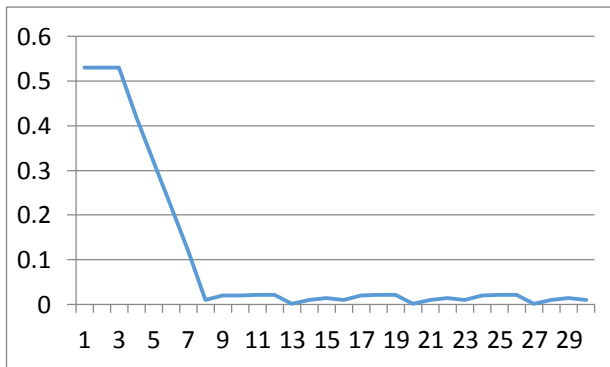
Grafik pada gambar 4.26 menunjukkan membutuhkan waktu  $65 \times 15 \text{ milidetik} = 975 \text{ milidetik}$  untuk kembali ke posisi semula

Grafik pada gambar 4.27 menunjukkan bahwa membutuhkan waktu  $55 \times 15 \text{ milidetik} = 825 \text{ milidetik}$  untuk kembali ke posisi semula.

Grafik pada gambar 4.28 menunjukkan membutuhkan waktu  $40 \times 15 \text{ milidetik} = 600 \text{ milidetik}$  untuk kembali ke posisi semula



**Gambar 4.30** Grafik saat  $K_p = 1.3, K_i = 2, K_d = 1$



**Gambar 4.31** Respon Robot Saat Membersihkan Lantai Kolam Renang

Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa dengan memasukkan nilai  $K_p$  saja dapat menimbulkan osilasi pada robot. Kemudian ketika dimasukkan nilai  $K_p$  dan  $K_d$  osilasi robot berkurang dan ketika dimasukkan nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  akan terdapat overshoot tetapi respon waktu untuk steady state akan lebih cepat.

Grafik pada gambar 4.29 menunjukkan pergerakan saat robot membersihkan lantai kolam renang.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian dan analisis data, maka dapat ditarik kesimpulan robot dapat bergerak menggunakan kontrol PID untuk mengontrol pergerakan vertikal dan horisontal. Untuk pergerakan vertikal, robot bergerak sesuai dengan nilai stik.

Pada sensor MS 5803 , pengukuran kedalaman perlu dikonversi terlebih dahulu karena sensor MS 5803 mengukur tekanan. Error dari nilai kontrol kedalaman sebesar 1 – 2 cm.

Robot berhasil untuk menyikat kotoran yang menempel di dalam kolam dengan sikat yang dipasang di motor yang berputar 360 derajat dengan pwm 150. Robot bergerak secara stabil diperlukan nilai  $K_{p_{roll}} = 1.3$ ,  $K_{i_{roll}} = 2$ ,  $K_{d_{roll}} = 1$ ,  $K_{p_{pitch}} = 1.3$ ,  $K_{i_{pitch}} = 2$ ,  $K_{d_{pitch}} = 1$ ,  $K_{p_{yaw}} = 4$ ,  $K_{i_{yaw}} = 2$ ,  $K_{d_{yaw}} = 1$ ,  $K_{p_{kedalaman}} = 4$ ,  $K_{i_{kedalaman}} = 2$ ,  $K_{d_{kedalaman}} = 1$ .

#### **5.2 Saran**

Beberapa saran yang penulis dapat berikan untuk pengembangan tugas akhir adalah ditambahkan alat pembersih yang dapat membersihkan bagian dinding kolam renang.

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuh, Junku. ( 2000 ). *Design and control of autonomous underwater robots: A survey.*
- [2] Hamdani, CN. Rusdhianto, EAK. Iskandar, E. ( 2013 ). Perancangan Autonomous Landing pada Quadcopter Menggunakan *Behavior-Based Intelligent Fuzzy Control.*
- [3] Agung Imam Rahmanto. ( 2015 ). Perancangan Stabilisasi Sudut Orientasi Pitch Pada Remotely Operated Vehicle (ROV) dengan Metode Kontrol Proporsional Integral Derivatif.
- [4] Isfahan University of Technology ROV team, ( 2007 ) *International ROV Competition technical..*
- [5] Ranasinghe, R. A. D. A. K ( 2015 ). *Design and development of a remotely operated underwater vehicle for video transmission.*
- [6] Jordan, M.A. and Bustamante, J.L., ( 2008 ). *Guidance of Underwater Vehicles With Cable Tug Perturbations Under Fixed and Adaptive Control Systems.*
- [7] W. M. Bessa, M. S. Dutra, and E. Kreuzer, ( 2010 ). *An adaptive fuzzy sliding mode controller for remotely operated underwater vehicles, Robotics and Autonomous Systems.*
- [8] Isfahan University of Technology ROV team, ( 2008 ). *MATE International ROV Competition technical reports, Unpublished.*
- [9] S. M. Zanoli, G. Conte, ( 2003 ). *Remotely Operated Vehicle depth control.*
- [10] C. S. Chin, M. W, ( 2006 ). *A Robust Controller Design Method Aand Stability Analysis of an Underactuated Underwater Vehicle.*

- [11] Mohd Shahrivel Mohd Aras, Fadilah Abdul Azis, Lim Wee Teck, Shahrum Shah Abdullah, Ahmad Fadzli Nizam Abdul Rahman ( 2015 ). *System Identification of a Prototype Small Scale for Depth Control*
- [12] Adel Khadhraoui, Lotfi Beji, Samir Otmame, Azgal Abichou ( 2015 ). *Stabilizing control based observer for a remotely operated vehicle ( ROV – Observer )*
- [13] Cheng Siong Chin, Micheal Wai Shing Lau, Eicher Low, Gerald Gim Lee Seet ( 2006 ). *Design of Thruster Configuration and Thrust Allocation Control for a Remotely Operated Vehicle.*
- [14] A Trebi-Ollennu, J King and B A WhiteA ( 1995 ). *Study Of Robust Multivariable Control Designs Remotely Operated Vehicle.*
- [15] Chanin Joachim, Rattanakorn Phadungthin, Sawangtit Srikitsuan ( 2016 ). *Design and Development of a Remotely Operated Underwater Vehicle.*
- [16] William Budiman, Madhavan Shanmugavel, Veera Ragavan, Samuel Borthwick Lazarus ( 2014 ). *A Low-Cost Underwater Navigation System for Remotely Operated Underwater Vehicle - Design, System-Integration, and Implementation.*
- [17] Yuh and R. Lakshmi ( 1990 ). *Design of an Intelligent Control System for Remotely Operated Vehicles*
- [18] William Budiman, Madhavan Shanmugavel, Veera Ragavan, Samuel Borthwick Lazarus ( 2014 ). *A Low-Cost Underwater Navigation System for Remotely Operated Underwater Vehicle - Design, System-Integration, and Implementation.*
- [19] Graeme R. A. Dunbar, Norrie S. Edward, Mamdud Hossain, Terry G. McKay, John Still ( 2007 ). *Simple Remotely Operated Vehicles for Students and Schoolchildren.*

- [20] Yangmin Li and Ka Meng Lo ( 2009 ). *Dynamics and Kinematics of Novel Underwater Vehicle-Manipulator for Cleaning Water Pool*
- [21] Huda Ubaya, Bambang Tutuko, Borisman Richardson ( 2008 ).  
Pengaturan Gerakan Hover Pada Quadcopter dengan Menggunakan Metode PI ZIEGLER-NICHOLS
- [22] Ali Zainal, Ronny Mardiyanto, Djoko Purwanto (2016).  
*Implementation of PID Controller For Hold Altitude Control in Underwater Remotely Operated Vehicle.*
- [23] Li Kai-sheng, Zhang Hui-hui, Fei Ren-yuan, ( 2000 ); *Trends and foreground of overseas service robot's development*
- [24 ] Tan Shi-li, Shen Yan, ( 1996 ). *Development of A Robot Capable of Moving on A Vertical Wall.*
- [25] K. Adel, B. Lotfi, O. Samir and A. Aazgal, ( 2013 ). *Explicit homogenous time varying stabilizing control of a submarine ROV, International Conference on Informatics in Control.*
- [26] Wang, W. and Clark, C, ( 2006 ). *Modeling and simulation of the VideoRay Pro III underwater vehicle.*
- [27] M. R. Katebi and M. J. Grimble, ( 1999 ). *Integrated control, guidance and diagnosis for reconfigurable underwater vehicle control.*
- [28] P. J. Craven, R. Sutton and R. S. Burns, ( 1998 ). *Control Strategies for Unmanned Underwater Vehicles.*)
- [29] T. I. Fossen, ( 1994 ). *Guidance and Control of Ocean Vehicles.*
- [30] Rentschler, M., ( 2003 ). *Dynamic Simulation Modeling and Control of the Odyssey III Autonomous Underwater Vehicle.*

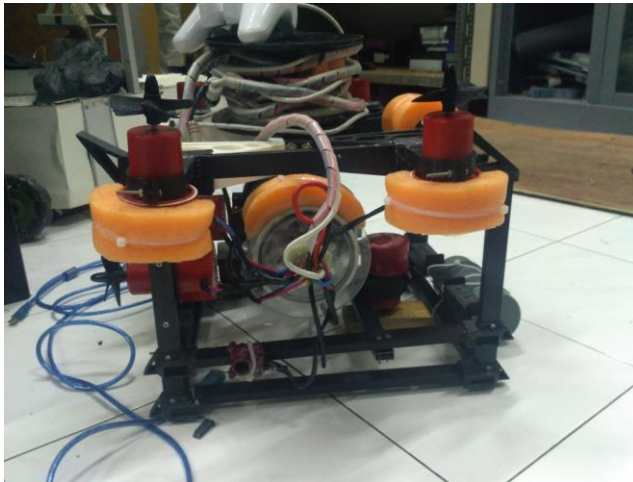
- [31] Gonzalez, L.A., ( 2004 ). *Design, Modelling and Control of an Autonomous Underwater Vehicle.*
- [32] Jordan, M.A. and Bustamante, J.L., ( 2008 ). *Guidance of Underwater Vehicles With Cable Tug Perturbations Under Fixed and Adaptive Control Systems.*

## LAMPIRAN

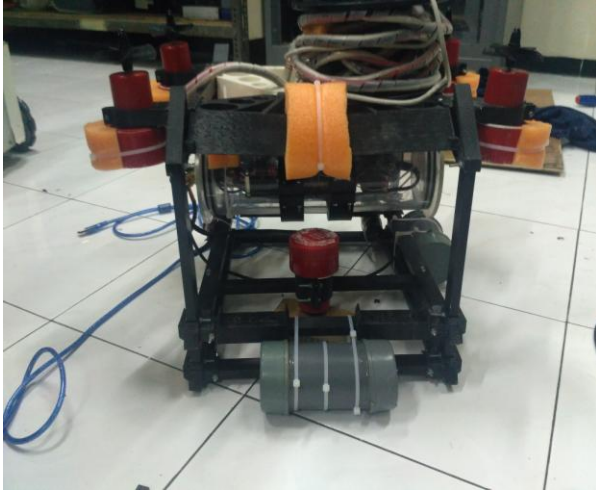
1. Robot tampak samping kiri



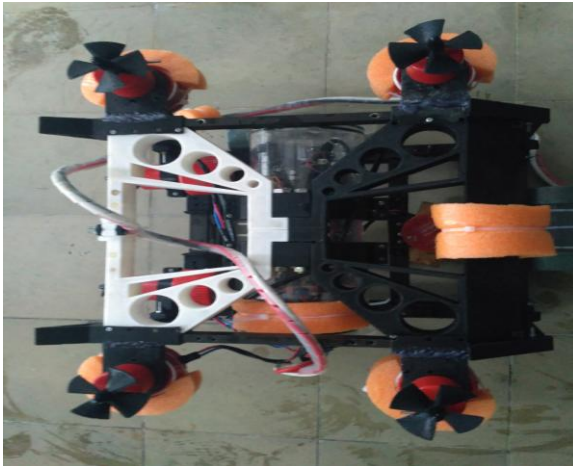
2. Robot tampak samping kanan



3. Robot tampak depan



4. Robot tampak atas





## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Muhammad Hazbi Assiddiqi lahir di Surabaya pada 1 Juli 1995. Anak kedua dari 2 bersaudara dari pasangan Achmad Zainuddin dan Endah Ekowati. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Integral Luqman Al Hakim Surabaya, dilanjutkan dengan pendidikan menengah di SMP Negeri 12 Surabaya dan SMA Negeri 9 Surabaya. Pada tahun 2013, penulis memulai pendidikan di jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya. Selama kuliah penulis aktif membantu penyelenggaraan kegiatan dan aktif sebagai asisten laboratorium Elektronika Dasar dan praktikum Elektronika pada semester ganjil dan genap 2016-2017.

Email :

Muhammadhasbiassiddiqi.mh@gmail.com.com

*# Halaman ini sengaja dikosongkan #*